

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI**

**Programa de Pós-Graduação em Biocombustíveis**

**Françoise Mara Gomes Rocha**

**SILAGENS DE BAGAÇO DE SORGO SACARINO**

**Diamantina**

**2018**

**Françoise Mara Gomes Rocha**

**SILAGENS DE BAGAÇO DE SORGO SACARINO**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Biocombustíveis da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Ricardo Evangelista

Coorientador: Gustavo Henrique de Frias Castro

**Diamantina-MG**

**2018**

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

R672a

Rocha, Françoise Mara Gomes

Silagens de bagaço de sorgo sacarino / Françoise Mara Gomes

Rocha. – Diamantina, 2018.

50 p. : il.

Orientador: Antônio Ricardo Evangelista

Coorientador: Gustavo Henrique de Frias Castro

Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em  
Biocombustíveis) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e  
Mucuri.

1. ácidos orgânicos. 2. Conservação. 3. Coproduto. 4. Matéria seca.  
5. pH. I. Evangelista, Antônio Ricardo. II. Castro, Gustavo Henrique  
de Frias. III. Título. IV. Universidade Federal dos Vales do  
Jequitinhonha e Mucuri.

**CDD 664**

FRANÇOISE MARA GOMES ROCHA

**SILAGENS DE BAGAÇO DE SORGO SACARINO**

Tese apresentada ao DOUTORADO EM  
BIOCOMBUSTÍVEIS, nível de  
DOUTORADO como parte dos requisitos  
para obtenção do título de DOUTORA EM  
BIOCOMBUSTÍVEIS

Data da aprovação: 06/07/2018

Orientador: Prof. Dr. Antonio  
Ricardo Evangelista

Prof.Dr. ANTONIO RICARDO EVANGELISTA – UFVJM

Prof.Dr.<sup>a</sup> MARCELA AZEVEDO MAGALHAES – UFVJM

Dr. LEANDRO DIEGO DA SILVA – UFVJM

Dr. RAFAEL AUGUSTO DA COSTA PARRELLA – EMBRAPA

Prof.Dr. EMERSON DELANO LOPES – IFNMG

**DIAMANTINA-MG**

*Dedico este trabalho a Deus.  
É Dele toda a vitória alcançada em minha vida.  
À minha Família e meu Orientador,  
que me deram todo o apoio  
necessário para que eu chegasse até aqui.*

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, pela formação.

Ao Professor e Orientador, Antônio Ricardo Evangelista, muito obrigada pelo aprendizado durante o curso. Por sempre estar disponível para ajudar e pelo apoio nos momentos difíceis.

À Embrapa Milho e Sorgo por, gentilmente, fornecer as sementes das cultivares de sorgo sacarino, utilizadas no experimento.

Aos membros da banca avaliadora (Emerson Lopes, Leandro Silva, Marcela Magalhães e o Rafael Parrella), por disponibilizarem de seu tempo para participar desta defesa.

Agradeço às colegas de pós-graduação, Cíntia, Carol e Amanda, onde a amizade e a solidariedade foram de fundamental importância para o sucesso do trabalho.

A CAPES e ao CNPQ, pelo apoio financeiro.

Ao Departamento de Zootecnia da UFVJM, por permitir que as amostras ficassem armazenadas no Anexo, e disponibilizar que as análises fossem realizadas no Laboratório de Nutrição Animal. E a técnica desse laboratório, Elizandra, por ser tão prestativa.

Aos professores da pós-graduação, pelos ensinamentos.

Ao Professor Alexandre Soares, que, gentilmente, realizou análises dos ácidos orgânicos nos laboratórios da Pós Graduação em Biocombustíveis.

À minha mãe Rosemary dos Santos Carvalhais, pelo amor incondicional dedicado a mim, que, por muitas vezes abriu mão dos seus sonhos para que os meus fossem possíveis e sempre me incentivou com palavras de força e carinho para que eu não desanimasse. E me mostrou que não é possível ir muito longe sem fé, respeito, humildade e o amor.

Ao meu pai, Mário Geraldo Gomes, por ter sido a minha inspiração profissional.

Ao meu irmão Alan Pierre Gomes, pela constante disposição em me ajudar.

Ao Douglas, pelo companheirismo, cumplicidade e por contribuir para que os meus dias sejam ainda mais felizes.

Ao meu filho Lucas, que me mostrou o amor incondicional, e sempre será o motivo da minha inspiração.

À Tia *Leninha* e às minhas avós, *Didina* e Rosa, exemplos de força, determinação, coragem e amor, que comemoram comigo mais essa vitória.

Aos meus familiares que são tão presentes na minha vida!

*Tenho em mim meus desejos, que me fortalecem para transpor as  
dificuldades, manter a serenidade e empenho necessários.  
Afinal, são muitos anos, muitas expectativas e muitas metas.*

## RESUMO

O sorgo sacarino é uma cultura alternativa, utilizada como fonte de bioetanol. Porém, há uma preocupação quanto ao bagaço remanescente após a extração do caldo. Assim, o fornecimento do bagaço para os ruminantes minimiza os danos ambientais causados com o descarte indevido deste na natureza. Objetivou-se avaliar a produção de massa verde (PMV), composição bromatológicas e as características fermentativas, de silagens do bagaço de cultivares de sorgo sacarino mais suas panículas. Conduziu-se o cultivo do sorgo sacarino, que foi realizado em Couto Magalhães de Minas, na Fazenda Rio Manso, unidade experimental da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Utilizaram-se 25 tratamentos, correspondente as seguintes cultivares de sorgo sacarino: BR501; BR505; BRS506; BRS507; BRS508; BRS511; BRS601; CMSXS629; CMSXS630; CMSXS633; CMSXS635; CMSXS636; CMSXS637; CMSXS639; CMSXS643; CMSXS644; CMSXS646; CMSXS647; CMSXS648; Sugargraze; V82392; V82393; XBSW80007 e XBSW80147. Foi estimado o PMV das cultivares. Preparou-se o material para ensilagem, extraindo o caldo das plantas e, em seguida, picando o bagaço com as panículas em máquina ensiladora estacionária e, depois, introduziu o material em silos experimentais. Após a abertura dos silos, avaliaram-se a composição bromatológica, as características fermentativas e as perdas de matéria seca. Houve efeito significativo de cultivares para a PMV, e não houve efeito para os teores de matéria seca do material original. Para as análises bromatológicas das silagens, não houve efeito significativo para o teor de matéria seca, mas significativo para os teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro e ácido, hemicelulose e carboidratos solúveis. Para as populações microbianas houve efeito de cultivares para as populações de bactérias ácido lácticas e fungos+leveduras. Houve efeito de cultivares para todos os ácidos orgânicos e para o etanol. Em relação às características fermentativas, não houve efeito de cultivares para o pH e atividade da água. Observou-se efeito significativo para a condutividade elétrica e o nitrogênio amoniacal. Houve efeito de cultivares para a recuperação de matéria seca e perdas por gases, e não se verificou diferença significativa para o tamanho médio de partículas. A cultivar BR505, se destacou na PMV e nas características bromatológicas, com maior teor de proteína bruta e baixa hemicelulose. A cultivar BRS508, se destacou nas características fermentativas do silo, com maior população de bactérias ácido lácticas; produziu mais ácido láctico, diminuiu a população de mofos+leveduras, diminuiu a produção do ácido butírico e nitrogênio amoniacal, proporcionando a maior recuperação de matéria seca e diminuindo as perdas.

Palavras chave: **ácidos orgânicos, conservação, coproduto, matéria seca, pH**



## ABSTRACT

Sweet sorghum is an alternative crop used as a source of bioethanol. However, there is concern about the remaining bagasse after brth extraction. Thus, the provision of bagasse to ruminants minimizes environmental damage caused by improper disposal of the animal in the wild. The objective of this study was to evaluate the green mass production (PMV), bromatological composition and fermentative characteristics of bagasse silages of sweet sorghum cultivars plus their panicles. Cultivation of sweet sorghum was carried out in Couto Magalhães de Minas, at Fazenda Rio Manso, an experimental unit of the Federal University of the Jequitinhonha and Mucuri Valleys. 25 treatments were used, corresponding to the following sweet sorghum cultivars: BR501; BR505; BRS506; BRS507; BRS508; BRS511; BRS601; CMSXS629; CMSXS630; CMSXS633; CMSXS635; CMSXS636; CMSXS637; CMSXS639; CMSXS643; CMSXS644; CMSXS646; CMSXS647; CMSXS648; Sugargraze; V82392; V82393; XBSW80007 and XBSW80147. The PMV of the cultivars was estimated, the silage material was prepared, extracting the broth from the plants and then chopping the bagasse with the panicles in a stationary silage machine and then introducing the material into experimental silos. After the opening of the silos, the bromatological composition, the fermentative characteristics and the dry matter losses were evaluated. There was significant effect of cultivars for the PMV, and there was no effect for the dry matter contents of the original material. For the bromatological analyzes of the silages, there was no significant effect on the dry matter content, and there was significant for crude protein, neutral detergent fiber and acid, hemicellulose and soluble carbohydrates. For the microbial populations, there was effect of cultivars for populations of lactic acid bacteria and fungi + yeasts. There was cultivar effect for all organic acids and for ethanol. Regarding the fermentative characteristics, there was no effect of cultivars for pH and water activity. A significant effect was observed for electrical conductivity and ammoniacal nitrogen. There were cultivar effects for the recovery of dry matter and losses by gases. And there was no significant difference in mean particle size. The cultivar BR505, stood out in the PMV and in the bromatological characteristics, with higher crude protein content and low hemicellulose. The cultivar BRS508, was highlighted in the fermentative characteristics of the silo, with a larger population of lactic acid bacteria, produced more lactic acid, reduced the population of molds + yeasts, decreased the production of butyric acid and ammoniacal nitrogen, providing the highest dry matter recovery and reducing losses.

**Keywords:** conservation, byproduct, dry matter, organic acids, pH

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Temperaturas médias (°C) diárias e volume de precipitação (mm), durante o experimento em campo. ....	21
<b>Tabela 2</b> – Análise de variância da produtividade de massa verde (t/ha): PMV e teores de matéria seca (%MS) do material original (MSO) das cultivares de sorgo sacarino.....	29
<b>Tabela 3</b> – Valores médios da Produtividade de Massa Verde (tonelada/hectare) e dos teores de matéria seca (%MS) do material original (MSO).....	30
<b>Tabela 4</b> – Análise de variância dos teores de matéria seca (%MS) do material original (MSO) e da silagem (MSS); Proteína Bruta (%): PB; Fibra em Detergente Neutro (%): FDN; Fibra em Detergente Ácido (%): FDA; Hemicelulose (%): HEM e Carboidratos solúveis (%): CHO's, das silagens do bagaço de sorgo sacarino mais panículas.....	31
<b>Tabela 5</b> – Valores médios dos teores de matéria seca (%MS) do material original (MSO) e da silagem (MSS); Proteína Bruta (%): PB; Fibra em Detergente Neutro (%): FDN; Fibra em Detergente Ácido (%): FDA; Hemicelulose (%): HEM e Carboidratos solúveis (%): CHO's, das silagens do bagaço de sorgo sacarino mais panículas.....	32
<b>Tabela 6</b> – Análise de variância das populações de bactérias ácido lácticas (ufc/g): BAL e dos mofos+leveduras (ufc/g): F+L, das silagens dos bagaços de sorgo sacarino mais panículas .....	34
<b>Tabela 7</b> – Valores médios das populações de bactérias ácido lácticas (log ufc/g): BAL e dos mofos+ leveduras (ufc/g): F+L, nas silagens do bagaço de sorgo sacarino mais panículas.....	35
<b>Tabela 8</b> – Análise de variância dos teores de Ácido Lático (%): LAT; Ácido Acético (%): ACET; Ácido Propiônico (%): PROP; Ácido Butírico (%): BUT; e Etanol (%): ETAN, das silagens do bagaço de sorgo sacarino mais panículas.....	36
<b>Tabela 9</b> – Valores médios dos teores de: Ácido Lático (%): LAT; Ácido Acético (%): ACET; Ácido Propiônico (%): PROP; Ácido Butírico (%): BUT; e Etanol (%), das silagens do bagaço de sorgo sacarino mais panículas.....	37
<b>Tabela 10</b> – Resumo da Análise de Variância de pH; Atividade da água: Aw; Condutividade Elétrica (S/cm): CE; Nitrogênio Amoniacal (%N-NH <sub>3</sub> /N-Total): NH <sub>3</sub> , das silagens do bagaço de sorgo sacarino mais panículas.....	38
<b>Tabela 11</b> – Valores médios da Condutividade Elétrica (S/cm): CE, e Nitrogênio Amoniacal (%N-NH <sub>3</sub> /N-Total): NH <sub>3</sub> .....	39

**Tabela 12** – Recuperação de Matéria Seca e Perdas por gases e Tamanho Médio de Partículas..... 41

**Tabela 13** - Valores médios observados de: Recuperação de Matéria Seca (%MS): RMS; Perdas por Gases (%): Gases e Tamanho Médio de Partículas (mm): TMP; das silagens do bagaço de cultivares de sorgo sacarino mais panículas.....42

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

FDA Fibra em Detergente Ácido

FDN Fibra em Detergente Neutro

ha Hectare

kg Quilograma

M Metro

mg Miligrama

mm Milimetro

MS Matéria Seca

PB Proteína Bruta

PMV Produção de Matéria Verde

t Tonelada

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
2.1 Biocombustíveis. ....	15
2.2 Cultura do Sorgo.....	16
2.3 Sorgo sacarino como cultura energética.....	16
2.4 Bagaço do Sorgo Sacarino.....	17
2.5 Ensilagem do Bagaço do Sorgo Sacarino.....	17
2.6 Silagem do bagaço de sorgo sacarino na alimentação animal.....	18
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>20</b>
3.1 Local do Cultivo do sorgo.....	20
3.2 Caracterização da área de estudo.....	20
3.3 Práticas culturais.....	21
3.4 Delineamento experimental.....	21
3.5 Cultivares de sorgo sacarino utilizadas.....	21
3.5.1 Plantio das cultivares .....	21
3.5.2 Colheita das cultivares .....	21
3.5.3 Produtividade de massa verde.....	21
3.5.4 Obtenção do bagaço.....	22
3.6 Ensilagem.....	22
3.6.1 Processamento do material.....	22
3.6.2 Compactação do material.....	22
3.6.3 Abertura dos silos experimentais.....	22
3.7 Análises bromatológicas.....	22
3.7.1 Teor de matéria seca.....	23
3.7.2 Proteína.....	23
3.7.3 Fibra em detergente neutro.....	23
3.7.4 Fibra em detergente ácido.....	23
3.7.5 Hemicelulose.....	24
3.7.6 Carboidratos solúveis... ..	24
3.8 Análises microbiológicas... ..	24

<b>3.9 Parâmetros fermentativos.....</b>	<b>25</b>
<b>3.9.1 Ácidos orgânicos.....</b>	<b>25</b>
<b>3.9.2 pH.....</b>	<b>25</b>
<b>3.9.3 Atividade da água.....</b>	<b>25</b>
<b>3.9.4 Condutividade elétrica.....</b>	<b>25</b>
<b>3.9.5 Nitrogênio amoniacal.....</b>	<b>26</b>
<b>3.10 Recuperação de matéria seca.....</b>	<b>26</b>
<b>3.11 Perdas por gases.....</b>	<b>26</b>
<b>3.12 Tamanho médio de partículas.....</b>	<b>26</b>
<b>3.13 Análises estatísticas.....</b>	<b>27</b>
 <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	 <b>28</b>
<b>4.1-Produtividade e teor de matéria seca antes da ensilagem das cultivares de sorgo sacarino.....</b>	<b>29</b>
<b>4.2-Análises químicas das silagens de bagaço de sorgo sacarino mais panículas .....</b>	<b>31</b>
<b>4.3- Populações microbianas das silagens do bagaço de sorgo sacarino mais panículas.....</b>	<b>34</b>
<b>4.4 Teores dos ácidos orgânicos das silagens do bagaço de cultivares de sorgo sacarino mais panículas .....</b>	<b>36</b>
<b>4.5 Características fermentativas das silagens do bagaço das cultivares de sorgo sacarino mais panículas .....</b>	<b>38</b>
<b>4.6 Recuperação de Matéria Seca e Perdas por gases e Tamanho Médio de Partículas..</b>	<b>41</b>
 <b>CONCLUSÃO.....</b>	 <b>42</b>
 <b>REFERÊNCIAS .....</b>	 <b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento mundial do consumo de energia, em virtude da evolução das áreas tecnológica e econômicas, tem demandado investimentos no uso de novas fontes de energias sustentáveis, acarretando no aumento de recursos renováveis para a produção de matéria-prima energética.

Neste sentido, a perspectiva da participação dos biocombustíveis na matriz energética mundial criou oportunidades alternativas para a nutrição de ruminantes, através da oferta de farelos ou tortas obtidos após a extração do óleo de sementes de oleaginosas, e, também, da disponibilidade do bagaço, constituindo os principais coprodutos da cadeia produtiva do biocombustível (OLIVEIRA, 2008).

Entre diversas matérias-primas, o sorgo sacarino (*Shorghum bicolor* L. Moench), pode ser uma cultura alternativa como fonte de bioetanol (ROHOWSKY et al., 2012), em virtude do seu sistema fotossintético C<sub>4</sub>, apresentando rápido acúmulo de matéria seca, resultando na alta produção de biomassa (TURHOLLOW et al., 2010).

Diferentes cultivares de sorgo sacarino se encontram disponíveis no mercado para serem utilizadas como matéria-prima para bioenergia, resultando em variedade de tecnologia e conversão (MARTINS et al., 2017). Porém, há uma preocupação quanto ao encaminhamento do bagaço remanescente após a extração do caldo para a produção do biocombustível.

Neste sentido, o uso desse bagaço é uma alternativa para alimentação de ruminantes, permitindo associar as cadeias de agroenergia e pecuária, minimizando os danos ambientais com o descarte indevido desses produtos na natureza (ABDALLA et al., 2008).

Assim, o bagaço oriundo de diferentes cultivares de sorgo sacarino, poderá resultar em silagens com características e composições diferentes. Características estas que dependem: do material utilizado, que se difere em altura, produtividade, produção de grãos, tolerância à seca e resistência às doenças; do estágio em que o mesmo foi colhido, que influencia a composição e a qualidade final do material conservado e dos microrganismos nele presentes durante o processo de ensilagem (OLIVEIRA et al., 2009).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a composição bromatológica e as características fermentativas de silagens do bagaço de cultivares de sorgo sacarino após um longo período de conservação.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 – Biocombustíveis**

Os biocombustíveis se mostram como alternativas sustentáveis às energias convencionais usadas em larga escala na matriz energética mundial. Por ser fonte de energia sustentável, renovável e apresentar oportunidade de crescimento da economia agrícola, os biocombustíveis tem despertado interesse mundialmente, sendo considerados, por muitos especialistas, uns dos substitutos mais viáveis do petróleo (TOLMASQUIM et al., 2007)

O Brasil é um dos países pioneiros na substituição de combustíveis de origem fóssil, como gasolina, óleo diesel, gás natural e carvão mineral, por biocombustíveis. Com a abertura deste cenário, o setor sucroalcooleiro do Brasil tornou-se o mais competitivo do mundo, apresentando os maiores níveis de produtividades e de rendimento industrial, quando comparado aos seus principais concorrentes (MARTINS et al., 2017).

A produção mundial de etanol é proveniente basicamente de fontes com açúcares diretamente fermentescíveis como amiláceas e sacarinas, sendo o milho responsável por mais de 58 milhões de metros cúbicos de etanol nos Estados Unidos, enquanto no Brasil a cana-de-açúcar representa 27 milhões de metros cúbicos, totalizando a soma na produção nesses dois países em 83,5% de toda produção mundial de etanol em 2013 (WALTER; ENSINAS, 2010).

O que confere competitividade ao etanol brasileiro, em nível mundial são os custos de produção e a não concorrência direta entre matéria-prima para produção de alimento e produção de bioenergia. Quando comparados os custos ao etanol norte-americano, que usa o milho como matéria-prima, o etanol brasileiro fica entre 30 e 50% inferior, e quando comparado com o etanol europeu que usa a beterraba sacarina, o valor na produção nacional de etanol chega a ficar 75% inferior (MERLIN, 2009).

Para que haja um incremento significativo na produção e participação do etanol no mercado internacional de biocombustíveis, se faz necessário o aumento da oferta deste bioetanol, demandando um maior investimento nestas culturas agrícolas, o que acarretará no uso de terras férteis para se produzir esse biocombustível e o uso de novas culturas (RODRIGUES, 2010).

Nesse contexto, o uso de matérias-primas que não concorram diretamente com a produção de alimentos, assim como a cana-de-açúcar e novas culturas como o sorgo sacarino que apresentam colmos dos quais se extrai o caldo contendo açúcares diretamente fermentescíveis, vem sendo estudadas e melhoradas geneticamente para produção de etanol, tanto de primeira quanto de segunda geração (MAY, 2012).



## 2.2 – Cultura do Sorgo

O sorgo pertence ao Reino *Plantae*; Divisão *Magnoliophyta* (Angiospermas); Classe *Liliopsida* (Monocotiledonea); Ordem *Poales*; Família *Poaceae* (Gramíneas); Gênero *Sorghum*; Espécie: *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Nativo da África foi domesticado entre três mil e cinco mil anos atrás. Nos Estados Unidos, na Austrália e no Brasil, o sorgo é cultivado, basicamente, para alimentação animal. O seu cultivo é importante, também, nos continentes asiático e africano, onde é utilizado na alimentação humana (PEREIRA FILHO; RODRIGUES, 2015).

No Brasil, a sua introdução se atribui aos escravos, onde a cultura ficou conhecida como milho d'Angola (LIRA, 1981), e é considerada uma cultura bastante recente, sendo que, somente a partir da década de 60 que começou a ser conhecido (OLIVETTI; CAMARGO, 1997). No final do século XIX apresentou importância dentre os cereais, passando a ser o quinto do mundo em área cultivada, após o trigo, milho, arroz e cevada (KILL; MENEZES, 2005).

A planta apresenta metabolismo  $C_4$ , resposta fotoperiódica típica de dias curtos e altas taxas fotossintéticas. Embora a cultura seja nativa dos trópicos, possui boa adaptação em regiões temperadas e tropicais. No Brasil, o sorgo tem despontado como alternativa para diversas regiões, pois se adapta a diversos ambientes, principalmente onde ocorre deficiência hídrica e temperaturas altas, podendo, também, ser cultivada em solos ácidos e alcalinos (SANTOS et al., 2005).

## 2.3 – Sorgo sacarino como cultura energética

Na década de 80, incentivado pela implantação do Proálcool, o Centro de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS) iniciou um programa de melhoramento do sorgo sacarino. Posteriormente, em 1987, as primeiras variedades brasileiras foram desenvolvidas para produção de etanol (BRS506; BRS507 e BRS600). Entretanto, devido à estagnação do Proálcool, este programa foi desacelerado, sendo retomado no ano de 2003 e intensificado a partir de 2008, onde a Embrapa Milho e Sorgo reiniciou o programa de desenvolvimento de cultivares de sorgo sacarino (OLIVEIRA, 2014).

Com o intuito de fornecer matéria-prima para a produção de etanol na entressafra da cana-de-açúcar, o sorgo sacarino tem sido cultivado no Brasil por se assemelhar a essa cultura quanto à fisiologia e características tecnológicas. Esse não concorre com a cana-de-açúcar, pois é cultivado em áreas de expansão agrícola quando os canaviais não são suficientes, em áreas de reformas de canaviais e terras onde a cana não se adapta (TABOSA et al., 2010).

Sendo realizado o plantio no início do período chuvoso (outubro/novembro), torna-se possível a antecipação de dois a três meses do período de moagem das usinas, com colheitas a partir de fevereiro e março, diminuindo, assim, o período de ociosidade das destilarias, que varia de três a cinco meses. Também, pode ser adequado em um sistema integrado de exploração da propriedade rural, objetivando a autossuficiência de energia, aliada a outras atividades voltadas para a produção agropecuária, com impactos no aumento da geração de renda (SOUZA et al., 2005).

O sorgo sacarino possui alto potencial forrageiro, com alta conversão de energia solar em energia química. É uma espécie de ciclo rápido (quatro meses), cultura totalmente mecanizável (formação da cultura por sementes, tratos culturais e colheita), elevada produtividade de biomassa verde (60 a 80 toneladas/hectare), com altos rendimentos de etanol (3.000 a 6.000 l/ha). Além disso, produz grãos (2 a 5 toneladas/hectare), que apresentam características nutricionais similares às do milho, podendo ser utilizados na alimentação humana ou animal (MAY; ABREU, 2012).

De acordo com Turhollow et al. (2010), a viabilidade da bioenergia, a partir do sorgo sacarino, dependerá dos custos dos insumos necessários, da eficiência das operações, dos mercados e dos preços das saídas do sistema de cultivo e das tecnologias disponíveis.

#### **2.4 – Bagaço do sorgo sacarino**

O bagaço remanescente da extração do caldo para produção de álcool pode ser utilizado como fonte de energia, geração de vapor para industrialização e cogeração de eletricidade, assim como admite a produção de etanol de segunda geração, ou valorizado como forragem para animais, colaborando para um balanço energético favorável (IQBAL et al., 2012).

A plena utilização das culturas e seus subprodutos na produção equilibrada de alimentos, rações e produtos industriais provavelmente se tornarão cada vez mais importante. Por isso, é necessário explorar a possibilidade de utilizar novos recursos para alimentar os animais ruminantes (VIDYA et al., 2012).

O uso do bagaço de sorgo sacarino que permanece após a extração do suco, agrega mais valor ao mercado dos biocombustíveis. Sob tais condições, pode ser convertido em silagem e armazenado para alimentar o gado, uma vez que pode conter até 50% de umidade após a extração do suco (BLUMMEL et al., 2009).

#### **2.5 – Ensilagem do Bagaço do Sorgo Sacarino**

O aproveitamento do bagaço do sorgo sacarino para a alimentação de ruminantes precisa ser eficiente, em função das prováveis alterações na composição original do resíduo

fresco. Deste modo, a ensilagem pode ser um método de armazenamento adequado para a conservação deste bagaço e utilização em momento oportuno.

Assim, como a escolha da cultivar vai interferir no valor nutritivo da silagem do bagaço, o outro aspecto que influencia é a maturidade dos grãos, que interfere na deposição de panícula e a mesma contribui para o aumento do valor nutritivo e do percentual de matéria seca do material ensilado (OLIVIER et al., 2004).

Estudos realizados com a silagem do bagaço de sorgo sacarino pressupõe que os açúcares disponíveis são insuficientes para o processo de fermentação da silagem. Obviamente, isso dependerá do nível inicial dos açúcares presentes no tecido e a eficácia do processo de prensagem (WHITFIELD, 2012). Por exemplo, Sun et al. (2010) ensilaram, com sucesso, o bagaço de sorgo sacarino. No entanto, a sua operação de prensagem removeu apenas 20% do suco, não alterando muito os teores de açúcar e umidade do bagaço.

Ao ensilar um material, o teor de matéria seca, tamanho médio de partículas, densidade do material no silo, manejo de compactação, condições de anaerobiose, entre outros fatores, podem provocar perdas de matéria seca e energia.

Segundo Silva et al. (2004), para que a silagem tenha bom valor nutricional, é necessário apresentar teor de matéria seca desejável (30-35%), elevado conteúdo de carboidratos solúveis no material (maior que 2%), alta densidade, rápido fechamento do silo e presença de bactérias ácido lácticas. Contudo, além das limitações nutricionais, o processo de ensilagem apresenta riscos que podem levar a perdas de nutrientes decorrentes de fermentações indesejáveis.

Durante o processo fermentativo, ocorrem perdas que estão relacionadas com as alterações bromatológicas do material ensilado. Esse tipo de perda depende das características da forragem e, também, das práticas de: implantação, manejo, colheita das lavouras e do sistema de armazenamento (McDONALD et al., 1991). No entanto, outros tipos de perdas na ensilagem, como as perdas por efluentes e produção de gases, também têm grande importância, pois podem aumentar os custos do sistema de produção e até mesmo impossibilitar sua utilização (BALSALOBRE et al., 2001).

## **2.6 – Silagem do bagaço de sorgo sacarino para alimentação animal**

No Brasil, o alimento volumoso é a base da alimentação de bovinos. Deste modo, vários estudos são executados para avaliar alternativas de suplementação volumosa, considerando a utilização da silagem como uma opção viável para garantir o fornecimento de forragem de alta qualidade, durante o período de carência de alimentos (AMARAL et al., 2008).

Kumari et al. (2011) avaliando a viabilidade de silagens do bagaço da planta inteira de sorgo sacarino, ensiladas durante 30 dias em tambores de plástico, observaram teores de matéria seca (MS); proteína bruta (PB); fibra em detergente neutro (FDN); fibra em detergente ácido (FDA) e hemicelulose de : 42,10; 7,27; 73,54; 46,82 e 26,72%, respectivamente, concluindo que o bagaço de sorgo sacarino pode fornecer silagem de boa qualidade, e ser utilizado na alimentação de ruminantes.

Trabalhando com silagens do bagaço do colmo de cultivares de sorgo sacarino, ensiladas em silos experimentais de sacos plásticos, e abertos dez meses após a ensilagem, Rodrigues et al. (2012), relataram valores de MS; PB; FDN; FDA e pH de 28,56; 4,81; 74,53; 45,46 e 4,0, respectivamente.

Ávila et al. (2013) avaliando silagens do bagaço da planta inteira de sorgo sacarino, ensiladas em tonéis metálicos por trinta dias para serem fornecidas a ovinos, encontram teor de MS de 38,3% no material antes da ensilagem, porém, não realizaram nenhuma avaliação após a abertura dos tonéis, mas descreveram que o material ensilado apresentava cor e odor característico de silagem adequadamente fermentada e conservada.

Trabalhando com silagens do bagaço do colmo de sorgo sacarino, onde as folhas foram adicionadas posteriormente no momento da picagem do material, e, em seguida, ensiladas em tubos de PVC durante 90 dias, Naeini et al. (2014), encontraram valores das variáveis bromatológicas MS; PB; FDN e FDA de 39,5; 4,1; 47,0 e 26,0%, respectivamente. E valores das características fermentativas pH; ácidos láctico e acético de 3,75%; 2,5% e 1,04%, respectivamente, mostrando que o bagaço do sorgo sacarino pode produzir silagens com características bromatológicas e fermentativas aceitáveis.

Pin (2015) avaliando silagens do bagaço da planta inteira de sorgo sacarino, das cultivares BR501; BR505 e Sugargraze, da safra 2012/2013, ensiladas em tubos de PVC durante 60 dias: MS de 30,3; 28,5 e 33,0%, teores de PB de 3,8; 3,7 e 3,9%, teores de FDN de 71,3; 69,8 e 68,7%, teores de FDA de 40,4; 45,8 e 40,2% e valores de pH de 3,6; 3,8 e 3,7, respectivamente, concluindo que as silagens produzidas ficaram em condições de consumo pelos ruminantes.

Estimando a composição bromatológica de silagens do bagaço da planta inteira de sorgo sacarino, acondicionadas em sacos plásticos, simulando a ensilagem por um período de 30 dias, Zeferino (2015) relatou os seguintes resultados para as cultivares Sugargraze e BRS506, observando valores de MS de 28,16 e 33,04%; PB: 6,08 e 6,23%; FDN: 62,03 e 61,63%; FDA: 41,88 e 41,25%; Hemicelulose: 20,15 e 20,38%, respectivamente.

Sendo a ensilagem um método adequado para conservação da forragem, neste estudo fez-se a ensilagem desse material, com a intenção de verificar a conservação do bagaço de diferentes sorgos durante um longo período de conservação, em detrimento das prováveis alterações na composição original do resíduo fresco, disponibilizando um alimento potencialmente utilizável para os animais ruminantes.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 – Local do Cultivo do Sorgo**

O cultivo foi realizado na Fazenda Rio Manso, unidade experimental da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, localizada no município de Couto de Magalhães de Minas – MG (18° 07'S e 43° 47'W), a 726 metros de altitude.

#### **3.2 – Caracterização da área de estudo**

O clima predominante é tropical, ou seja, no verão a pluviosidade é maior que no inverno. De acordo com Köppen e Geiger (1928), o clima é classificado como Aw, com temperatura e pluviosidade médias anuais de 21,5° e 1246 mm, respectivamente.

Observam-se, na Tabela 1, as temperaturas e precipitações médias diárias durante a instalação até a colheita da cultura do sorgo sacarino na Fazenda Experimental de Rio Manso, em Couto Magalhães de Minas, porém os dados são da Estação Meteorológica de Diamantina, pois é a mais próxima do local onde ficou estabelecido o plantio das cultivares do sorgo sacarino.

**Tabela 1** – Temperaturas médias (°C) diárias e volume de precipitação (mm), durante o experimento em campo

Dia	Janeiro		Fevereiro		Março		Abril		Maio	
	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm
1			16,66		19,66		18,66		21	
2			17,66		21,33		19	4	17,66	
3			18,66		21,66		18		16,33	
4			18,33		20,66		18,66		16,33	
5			18,66	4	19,33		19		16	
6			19,33		19,33		19,66	8	16,33	
7			20		18,66		19,33	4	16	
8			20,66	8	19,66		18,66		15,33	
9			22		19,66		18	11	15	
10			21,66		20		17,33		17,33	
11			20,33	7	20		18		18,33	
12			19,66	2	19		17,66	1	20,33	
13			19,33	2	19,33		17,66			
14			18,66		19,33	15	19,33			
15			18,66		18,33	5	20,66			
16			18,66	1	18,33	18	20,33			
17			18		15	50	18,66			
18			18,33	3	15	9	18,33			
19			18,66		16,66	25	17,33			
20			18,33		16,66	15	17,33			
21			18,66		17,66		18,66			
22			19,33		19	1	21,33			
23			20	28	19,33	3	20,33			
24			20		21,33		19,33	21		
25			19,66		21		19			
26			21		19,66		19,66			
27			21,66		19,33		21,33			
28			21		19,33	34	21			
29			20,33		18,66		20			
30	18,33	47			18,66		21			
31	18,33	14			18,66					

\*Dados da estação meteorológica de Diamantina, a mais próxima da Fazenda Experimental Rio Manso. Fonte: INMENT (janeiro a maio de 2012).

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa, profundo, com pouca diferenciação entre horizontes (por se apresentar bastante intemperizado), com baixa fertilidade natural e relevo suavemente ondulado (SANTOS et al., 2006).

No Quadro 1, estão os dados referentes a análise do solo anterior a instalação do experimento.

**Quadro 1** – Resultados das análises químicas do solo, anterior à instalação do experimento.

pH <sup>1</sup>	K	P	Ca	Mg	Al	H+Al	SB <sup>2</sup>	t	T	V <sup>3</sup>	m <sup>4</sup>	M.O. <sup>5</sup>	P-Rem <sup>6</sup>
	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc/dm <sup>3</sup>						%		dag/kg	mg/L
6,0	62,00	4,65	1,60	0,50	0,10	2,08	2,26	2,36	4,34	52,05	4,24	1,99	20,88

1-pH: H<sub>2</sub>O; 2-SB: Soma de bases; 3-V: Saturação por Bases; 4-m: Saturação por alumínio; 5-MO: Matéria Orgânica; 6-P-Rem: fosforo remanescente.

### 3.3 – Práticas culturais

O solo foi preparado, ficando livre de restos de cultura, torrões e plantas daninhas, para proporcionar adequada germinação e emergência das plantas. Posteriormente, foi realizada a adubação de correção, conforme recomendação da análise química do solo. Aplicou-se um terço do nitrogênio recomendado no plantio e o restante em cobertura, 30 dias após a emergência.

### 3.4 – Delineamento experimental

Adotou-se delineamento em blocos casualizados, com 25 tratamentos e três repetições, totalizando 75 Unidades Experimentais (UE), correspondentes às cultivares de sorgo sacarino. As parcelas foram constituídas de quatro fileiras, de cinco metros de comprimento, espaçadas de 70 centímetros.

### 3.5 – Cultivares de sorgo sacarino utilizadas

As cultivares utilizadas no experimento foram do programa de melhoramento genético da Embrapa Milho e Sorgo de Sete Lagoas-MG: BR501; BR505; BRS506; BRS507; BRS508; BRS511; BRS601; CMSXS629; CMSXS630; CMSXS633; CMSXS635; CMSXS636; CMSXS637; CMSXS639; CMSXS643; CMSXS644; CMSXS646; CMSXS647; CMSXS648; Sugargraze; V82392; V82393; XBSW80007 e XBSW80147.

#### 3.5.1 – Semeio das Cultivares

O plantio das cultivares do sorgo sacarino foi realizado no período da safrinha, em três dias: o bloco 1 no dia 30/01/2012, o bloco 2 no dia 31/01/2012, e o bloco 3 no dia 05/02/2012. Com média de 9 plantas/ metro linear.

O experimento foi conduzido em condições de sequeiro, não sendo realizada a irrigação na área de cultivo.

### **3.5.2– Colheita das Cultivares**

No dia 12/05/2012, após 102 dias do plantio do 1º bloco, foi realizada a colheita manual das plantas de todos os blocos.

As cultivares se encontravam com altura média de 2,7 metros, e tomou-se como base, o ponto farináceo dos grãos.

### **3.5.3– Produtividade de massa verde**

Para a obtenção da PMV, cortaram-se as plantas inteiras das duas linhas centrais das parcelas, a dez centímetros da superfície do solo, pesando e anotando os pesos em kg.

### **3.5.4– Obtenção do bagaço**

As plantas, sem as panículas, apenas o colmo com folhas, foram passadas uma vez pela prensa elétrica da marca BOTINI, modelo B120, com o objetivo de extrair o caldo para produção de bioetanol, e gerar o bagaço.

## **3.6 – Ensilagem**

### **3.6.1 – Processamento do material**

Mantendo-se a disposição experimental dos tratamentos em suas respectivas unidades experimentais (UE), os bagaços adicionados de suas respectivas panículas foram picados para ensilagem, com tamanho médio de partículas de um a dois centímetros, utilizando uma máquina picadora estacionária, de acionamento com motor elétrico, da marca Nogueira, modelo EN-6400.

### **3.6.2 – Compactação do material**

Os bagaços das cultivares foram ensilados em silos experimentais compostos por tubos de PVC, previamente higienizados e desinfetados. O tamanho de cada silo compreendia 50 cm de comprimento por 10 cm de diâmetro, com capacidade para 2,5 kg de forragem, providos com válvula de Bunsen, adaptadas à suas tampas, para permitir o escape dos gases procedentes da fermentação.

A compactação da forragem foi feita manualmente com bastão, obtendo-se massa específica média de 600 kg/m<sup>3</sup> de matéria natural. As tampas dos silos foram vedadas com fita adesiva, os quais foram pesados e mantidos em área coberta, à temperatura ambiente.

### **3.6.3 – Abertura dos silos experimentais**



Fez-se abertura dos silos em Setembro de 2013. Seguindo o esquema de abertura de 25 UE por dia, nas seguintes datas: 04/09/2013, 06/09/2013 e 10/09/2013, cada dia correspondente a um bloco, no Laboratório Integrado de Pesquisas Multiusuário dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (LIPEMVALE), na UFVJM.

### **3.7 – Análises bromatológicas**

Para determinar a composição bromatológica do material antes da ensilagem e das silagens, foram coletados, aproximadamente, 300 g de amostras frescas de cada silo, que passaram por um processo de pré-secagem em estufa com ventilação forçada de ar a 55°, por 72 horas (h).

Após este processo, as amostras foram retiradas da estufa e deixadas em temperatura ambiente por uma hora, e pesadas novamente para a determinação da matéria pré-seca. Em seguida, foram passadas em moinho “Willye” de faca com peneira de crivo de um milímetro (mm). As amostras foram identificadas e armazenadas em potes plásticos para as análises posteriores (DETMANN et al., 2012).

#### **3.7.1 – Teor de matéria seca**

Pesou-se de dois a três gramas (g) de amostra seca ao ar e moída, em cápsula de porcelana previamente secas e pesada na “tara”. Logo, se procedeu à secagem em estufa a 105 °C, durante quatro horas. A seguir, retirou-se os cadinhos da estufa e os colocou em um dessecador por uma hora, até que a temperatura deles se igualasse com a temperatura ambiente e pesou-os novamente. A perda de peso representa a umidade bruta, ou seja, todos componentes voláteis à temperatura de 105 °C. Os resultados foram apresentados em porcentagem (DETMANN et al., 2012).

#### **3.7.2 – Proteína bruta**

A determinação do nitrogênio foi realizada no Analisador elementar LECO® CHNS/O, modelo Truspec Micro, localizado no Laboratório de Análise Elementar, pertencente ao Laboratório Integrado de Pesquisa Multiusuário dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – LIPEMVALE, Campus JK, na UFVJM.

Para isso, foram usados padrões de referência para curvas de calibração. As amostras foram incineradas a 1075 °C, em tubo de quartzo, onde os gases gerados foram quantificados em detector de infravermelho.

Esse equipamento proporciona a determinação do nitrogênio em microamostras (em torno de um a 10 mg) sólidas. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de nitrogênio da amostra.

#### **3.7.3 – Fibra em detergente neutro**

Pesou-se 0,4 g de amostras moídas dentro de sacos de TNT. Estes foram colocados em um béquer de 600 mL, no qual se adicionou 50 mL de solução detergente neutro para cada saco de TNT. Em seguida, digeriu-os por refluxo por 60 minutos, a partir do início da ebulição.

Realizaram-se lavagens sucessivas com água destilada quente e acetona. Deixou-os secar em temperatura ambiente por aproximadamente 2 horas. Posteriormente, colocou os sacos de TNT com a amostra para estufa a 105 °C, por cerca de quatro a seis horas. Ao retirá-los, esfriou-os em dessecador até a temperatura ambiente, pesou-os e anotaram-se os valores. Os resultados foram apresentados em porcentagem (%) (DETMANN et al., 2012).

#### **3.7.4 – Fibra em detergente ácido**

A análise de FDA foi executada com o resíduo da análise de FDN (análise sequencial). Colocaram-se os sacos de TNT em um béquer de 600 mL. Adicionou-se 50 mL de solução detergente ácido para cada saco de TNT no béquer e dez gotas de Álcool Amílico (antiespumante). Em seguida, digeriu-os por refluxo por 60 minutos, a partir do início da ebulição. Depois, se retiraram os sacos de TNT com as amostras e procederam-se lavagens sucessivas com água destilada quente e acetona. Posteriormente, deixou-os secar em temperatura ambiente por, aproximadamente, duas horas.

Os sacos de TNT com a amostra foram levados para estufa a 105 °C por cerca de quatro a seis horas. Retirou-os, esfriando-os em dessecador até a temperatura ambiente. Pesou-os e anotaram-se os valores. Os resultados foram apresentados em porcentagem (%) (DETMANN et al., 2012).

#### **3.7.5 – Hemicelulose**

A partir dos resultados das análises de FDN e FDA foi realizado o cálculo de hemicelulose de acordo com Detmann et al. (2012).

$$\text{HEM\%} = \text{\%FDN} - \text{\%FDA}$$

Onde:

HEM%: porcentagem de hemicelulose;

FDA%: fibra em detergente ácido;

FDN%: fibra em detergente neutro.

#### **3.7.6 – Carboidratos solúveis**

Realizou-se, conforme método descrito por Bailey (1981), modificada por Silva e Queiróz (2002). O princípio desse método consistiu na extração dos carboidratos com solução alcoólica a 80%, na reação com solução ácida preparada com antrona e na posterior leitura em espectrofotômetro utilizando-se solução de glicose para preparo da curva padrão.

### **3.8 – Análises microbiológicas**

A enumeração dos grupos microbianos foi realizada a partir de 25 g de amostra por silo, aos quais foram adicionadas 225 mL de solução tampão fosfato, obtendo-se a diluição de  $10^{-1}$  (KUNG JR., 1996). Em seguida, diluições sucessivas foram realizadas, objetivando-se obter diluições variando de  $10^{-2}$  a  $10^{-5}$  nas silagens.

As populações microbianas de bactérias ácidos lácticas e mofos+leveduras foram quantificadas nas amostras de silagens, utilizando-se o meio de cultura seletivo Batata Dextrose Ágar (BDA), em placas de petri descartáveis. Foram consideradas passíveis de contagem as placas com valores entre 30 e 300 unidades formadoras de colônias (UFC).

### **3.9 – Parâmetros fermentativos**

#### **3.9.1 – Ácidos orgânicos e Etanol**

As determinações dos ácidos orgânicos e etanol (KUNG JR.; STOKES, 2011) foram realizadas nos laboratórios do Departamento de Pós Graduação em Biocombustíveis da UFVJM.

Foi extraído o suco da silagem fresca com o auxílio de prensa hidráulica, a partir de uma amostra contendo aproximadamente 200 g de cada silo. O caldo extraído foi reservado em um *ependorf* de 1,5 mL, e, em seguida, centrifugado a frio a 10000 rpm, por dez minutos.

Preparou-se em seguida uma solução de ácido sulfúrico (144  $\mu$ L), onde, utilizando *vials*, dispos-se de uma amostra com 300  $\mu$ L do caldo centrifugado, acrescido de 600  $\mu$ L da solução de ácido sulfúrico. Em seguida, as soluções foram submetidas a análises realizadas em Cromatógrafo Líquido de Alto Desempenho (HPLC), da marca Shimadzu.

#### **3.9.2 – pH**

Utilizou-se dez gramas de silagem fresca homogeneizada em 100 mL de água destilada, em um béquer de 250 mL. A leitura do pH foi realizada após uma hora de repouso, segundo método descrito por Cherney e Cherney (2003).

#### **3.9.3 – Atividade da água**

Os valores de atividade da água foram determinados de acordo com a metodologia descrita por Jobim et al. (2007), em que utilizou-se de um medidor de atividade da água de rápida leitura (Aqualab), no qual, após calibração do equipamento à temperatura ambiente, foram pesadas 25 g de silagem fresca, acondicionada em copo plástico com tampa e, por meio de um orifício na mesma, introduziu-se o sensor do aparelho e anotou-se a leitura da amostra.

#### **3.9.4 – Condutividade elétrica**

Determinou-se, conforme metodologia proposta por Kraus et al. (1997). O método foi realizado com base na mensuração indireta da quantidade de líquido liberado pelo rompimento de células, resultando na avaliação dos eletrólitos dispersos na solução, oriundos do conteúdo celular extravasado.

Pesou-se 25 g de amostra da silagem fresca, que foram homogeneizadas durante um minuto, com 300 mL de água deionizada. Após a mistura, filtrou-se a amostra, e na solução obtida, realizou-se a leitura das quantidades de eletrólitos livres com uso de condutivímetro. A medida da condutividade elétrica foi expressa em S/cm e forneceu o indicativo da magnitude do rompimento de membrana celular pelo corte e processamento da silagem.

### **3.9.5 – Nitrogênio amoniacal**

Para análise do nitrogênio amoniacal, parte do material fresco foi prensado em prensa hidráulica para extração do suco da silagem, que foi conservado com ácido sulfúrico a 0,036 N (0,32%) e congelado para posterior determinação do teor de nitrogênio amoniacal, por destilação com óxido de magnésio (AOAC, 1995).

### **3.10 – Recuperação de matéria seca**

Os índices de recuperação de matéria seca (RMS) foram obtidos de acordo com a seguinte equação (JOBIM et al., 2007):

$$\text{RMS} = (\text{MFab} \times \text{MSab}) / (\text{MFfe} \times \text{MSfe}) \times 100$$

Onde:

RMS: índice de recuperação de matéria seca;

MFab: massa de forragem na abertura;

MSab: teor de MS na abertura;

MFfe: massa de forragem no fechamento;

MSfe: teor de MS da forragem no fechamento.

### **3.11 – Perdas por gases**

As perdas por gases foram estimadas por equação proposta por Schimidt (2006).

$$G = \frac{[(\text{PCen} - \text{Pen}) * \text{MSen}] - [(\text{PCab} - \text{Pen}) * \text{MSab}] \times 100}{[(\text{PCen} - \text{Pen}) * \text{MSen}]}$$

Onde:

G = Perdas por gases em % da MS;

PeCen = Peso do silo cheio na ensilagem (kg);

Pen = Peso do conjunto (silo+tampa) na ensilagem (kg);

MSen = Teor de MS da forragem na ensilagem (%);

PCab = Peso do silo cheio na abertura (kg);

MSab = Teor de MS da forragem na abertura (%).

### 3.12 – Tamanho médio de partículas das silagens

O tamanho médio de partículas (TMP) das silagens foi aferido segundo a metodologia descrita por Mari e Nussio (2002), a qual consiste em uma adaptação do método inicialmente proposto por Lammers et al. (1996), que consistiu em:

- Estabeleceu-se a utilização de três peneiras sobrepostas, com diferentes aberturas (38, 19 e 8 mm);
- Anotou-se a tara de cada peneira e do fundo;
- Pesou-se 250 gramas de amostra de forragem fresca;
- Colocou-se a amostra sobre a peneira superior e iniciou a agitação sistematizada.

A agitação foi realizada sobre uma superfície plana e lisa e consistiu em oito séries de cinco agitações vigorosas (a cada cinco agitações o conjunto de peneiras é rotacionado 90°), totalizando 40 movimentos;

- Anotou-se o peso de cada peneira com a forragem retida;
- Mediu-se com régua o tamanho médio das maiores partículas retidas na peneira superior e das menores partículas retidas na peneira fechada (fundo);
- Contabilizou-se, também, o tamanho das maiores partículas retidas na peneira com maior orifício (38 mm) e, as menores partículas retidas no fundo do sistema.

A determinação do Tamanho Médio de Partículas foi estimada pela seguinte equação:

$$TMP = \{[Mp + 38] \div 2\} \times (Pp_1) + \{[(38 + 19) \div 2] \times (Pp_2)\} + \{[(19 + 8) \div 2] \times (Pp_3)\} + \{[(8 + mp) \div 2] \times (Pf)\}$$

Onde:

TMP: tamanho médio de partícula (mm);

Mp: tamanho médio das maiores partículas (em mm) retidas na peneira superior (38 mm);

Pp1: % da massa de silagem retida na peneira superior em relação à massa total dividido por 100;

Pp2: % da massa de silagem retida na peneira intermediária em relação à massa total dividido por 100;

Pp3: % da massa de silagem retida na peneira inferior em relação à massa total dividido por 100

mp: tamanho médio das menores partículas (em mm) retidas no fundo do sistema de peneiras;  
Pf: % da massa de silagem retida no fundo em relação à massa total dividido por 100.

### 3.13 – Análises estatísticas

O conjunto de dados foi submetido à análise de variância e, em seguida, ao teste F, ao nível de 5% de significância e, posteriormente, as médias foram agrupadas e comparadas pelo teste de Scott e Knott, com o uso do programa estatístico GENES (CRUZ, 2006).

## 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 – Produtividade e teor de matéria seca antes da ensilagem das cultivares de sorgo sacarino.

O resumo da análise de variância das cultivares em relação à produção de massa verde e do teor de matéria seca do material antes da ensilagem, com seus respectivos P-valores e significâncias, Médias e os Coeficientes de Variação, são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2** – Análise de variância da produtividade de massa verde (t/ha): PMV e teores de matéria seca (%MS) do material original (MSO)

FV	GL	P	
		PMV	MSO
Cultivares		0,020*	0,515 <sup>NS</sup>
Média	24	20,01	32,80
CV		29,29	11,59

FV: fonte variação; GL: grau de liberdade; P: nível de significância; CV: coeficiente de variação. \*Significativo; NS não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Observa-se, pela Tabela 2, que houve efeito significativo ( $P=0,20$ ) de cultivares para a produtividade de massa verde, e não houve efeito para os teores de matéria seca ( $P=0,515$ ) do material original. Na Tabela 3, são apresentados os valores da produtividade de massa verde.

As cultivares: BR505; BRS506; CMSXS630 e V82391 tiveram alta produtividade de massa verde (Tabela 2). Em comum, a PMV de todas as cultivares avaliadas, foi inferior ao potencial das mesmas. Assim como observado por Martins et al. (2017), na safra 2011/2012, para as cultivares BRS508; BRS511; Sugargraze e XBSW80147, no qual apresentaram média da PMV, apenas dos colmos das plantas de 45,72 t/ha.

Contudo, observado na Tabela 1, que devido ao plantio ter sido feito na safrinha, existiram momentos de estiagem durante o período experimental antes da colheita das

cultivares, caracterizado por ausência de precipitação e altas temperaturas, o que contribuiu para a redução da produtividade das cultivares.

**Tabela 3** – Valores médios da Produtividade de Massa Verde (tonelada/hectare) das cultivares de sorgo sacarino e dos teores de MS do material original (MSO)

Cultivares	PMV	MSO
BR501	15,50 <sup>c</sup>	32,29
BR505	26,60 <sup>a</sup>	35,81
BRS506	30,83 <sup>a</sup>	30,29
BRS507	22,33 <sup>b</sup>	32,10
BRS508	15,20 <sup>c</sup>	31,48
BRS511	22,37 <sup>b</sup>	30,63
BRS601	12,33 <sup>d</sup>	28,08
CMSXS629	12,00 <sup>d</sup>	35,32
CMSXS630	27,00 <sup>a</sup>	31,79
CMSXS633	19,93 <sup>c</sup>	32,83
CMSXS635	13,33 <sup>d</sup>	34,47
CMSXS636	15,00 <sup>c</sup>	31,23
CMSXS637	18,57 <sup>c</sup>	33,51
CMSXS639	17,33 <sup>c</sup>	31,79
CMSXS643	18,67 <sup>c</sup>	36,52
CMSXS644	17,33 <sup>c</sup>	29,17
CMSXS646	23,00 <sup>b</sup>	36,12
CMSXS647	20,67 <sup>b</sup>	29,31
CMSXS648	19,17 <sup>c</sup>	33,08
Sugargraze	21,93 <sup>b</sup>	32,70
V82391	25,93 <sup>a</sup>	37,43
V82392	18,63 <sup>c</sup>	35,09
V82393	24,10 <sup>b</sup>	31,44
XBSW80007	20,07 <sup>b</sup>	31,55
XBSW80147	22,50 <sup>b</sup>	36,03

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott e Knoot, ao nível de 5% probabilidade.

A PMV é uma das características de maior importância para o sorgo sacarino, pois o caldo rico em açúcares fermentescíveis é extraído em sua totalidade desta biomassa. Desse modo, com elevada produtividade de massa verde, obtém-se maior rendimento de caldo para a produção etanol (MARTINS et al., 2017), e, conseqüentemente, mais bagaço será gerado.

Não houve diferença significativa entre o teor de matéria seca (%MS) do material antes da ensilagem das cultivares de sorgo sacarino, com média geral de 32,80%. Este valor pode ser justificado pela extração do suco do colmo da planta, e pela adição das respectivas

panículas das cultivares, no momento da ensilagem que se encontravam no estágio farináceo dos grãos. Pode-se considerar que o teor de matéria seca da panícula, é um dos responsáveis pelo teor de matéria seca do material original (CORRÊA, 1996).

Na ensilagem, o teor de matéria seca determinará o tipo de fermentação que ocorrerá no interior do silo (OLIVEIRA et al., 2009). A média do teor de MS (32,80%) encontrada neste trabalho atendeu à exigência mínima de MS para que a forragem produza uma silagem de qualidade, conforme recomendado por Haigh (1999).

#### 4.2 – Análises químicas das silagens de bagaço de sorgo sacarino mais panículas

**Tabela 4** – Análise de variância do teor de matéria seca (%MS) da silagem (MSS); Proteína Bruta (%) : PB; Fibra em Detergente Neutro (%): FDN; Fibra em Detergente Ácido (%): FDA; Hemicelulose (%): HEM e Carboidratos solúveis (%) : CHO's, das silagens do bagaço de sorgo sacarino mais panículas

FV	GL	P					
		MSS	PB	FDN	FDA	HEM	CHO's
Cultivares		0,332 <sup>NS</sup>	<0,001*	<0,001*	<0,001*	<0,001*	<0,001*
Média	24	28,55	6,52	48,33	24,95	23,80	1,28
CV		8,04	6,04	1,10	1,93	1,51	34,91

FV: fonte variação; GL: grau de liberdade; P: nível de significância; CV: coeficiente de variação. \*Significativo; NS não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Para as análises bromatológicas das silagens do bagaço das cultivares de sorgo sacarino mais panículas, não houve efeito significativo para o teor de matéria seca e houve, para os teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro e ácido, hemicelulose e carboidratos solúveis.

Estão apresentadas, na Tabela 5, as variáveis que obtiveram efeito significativo, com as suas respectivas médias e diferenças entre as silagens das cultivares.

Não houve efeito significativo ( $P=0,332$ ) para os teores de MS das silagens, apresentando média geral de 28,55%. Considera-se esta média, aceitável para uma silagem bem conservada. Como não ocorreram diferenças significativas entre as cultivares avaliadas, observamos que o processo de fermentação e estabilização foi apropriado entre elas, ressalta-se também a diferença entre o teor de MS do material original que foi 32,8% com o teor da silagem (28,55%), decorrente das perdas do processo de fermentação.. Esta média foi inferior às médias encontradas por Vidya et al. (2015), que obtiveram teor de 34,83%, e a registrada por Kumari et al. (2011), onde notou-se teor de 42,10% para MS, ambos em silagens do bagaço de sorgo sacarino, apenas com a adição de suas folhas.



**Tabela 5** – Valores médios dos teores de: Matéria Seca (%): MSS; Proteína Bruta (%): PB; Fibra em Detergente Neutro (%): FDN; Fibra em Detergente Ácido (%): FDA; Hemicelulose (%): HEM e Carboidratos solúveis (%): CHO's, das silagens do bagaço de sorgo sacarino mais panículas

Cultivares	MSS	PB	FDN	FDA	HEM	CHO's
BR501	29,00	7,14 <sup>a</sup>	40,74 <sup>i</sup>	20,67 <sup>i</sup>	20,07 <sup>h</sup>	1,22 <sup>c</sup>
BR505	29,97	6,93 <sup>a</sup>	49,16 <sup>e</sup>	24,27 <sup>f</sup>	15,89 <sup>j</sup>	0,50 <sup>d</sup>
BRS506	27,86	6,28 <sup>b</sup>	48,90 <sup>e</sup>	25,18 <sup>e</sup>	23,72 <sup>e</sup>	0,40 <sup>d</sup>
BRS507	30,13	6,05 <sup>b</sup>	46,77 <sup>g</sup>	24,74 <sup>f</sup>	22,03 <sup>f</sup>	1,26 <sup>c</sup>
BRS508	29,50	5,53 <sup>b</sup>	39,23 <sup>j</sup>	19,23 <sup>j</sup>	20,00 <sup>h</sup>	2,94 <sup>b</sup>
BRS511	27,15	6,67 <sup>a</sup>	51,93 <sup>c</sup>	26,78 <sup>c</sup>	25,15 <sup>d</sup>	1,34 <sup>c</sup>
BRS601	26,82	6,91 <sup>a</sup>	54,22 <sup>b</sup>	26,56 <sup>c</sup>	27,66 <sup>b</sup>	1,30 <sup>c</sup>
CMSXS629	27,70	6,50 <sup>a</sup>	47,76 <sup>f</sup>	26,69 <sup>c</sup>	21,07 <sup>g</sup>	0,96 <sup>c</sup>
CMSXS630	27,67	5,96 <sup>b</sup>	47,51 <sup>f</sup>	24,12 <sup>f</sup>	23,36 <sup>e</sup>	4,56 <sup>a</sup>
CMSXS633	29,21	6,51 <sup>a</sup>	49,24 <sup>e</sup>	26,22 <sup>d</sup>	23,02 <sup>e</sup>	0,86 <sup>d</sup>
CMSXS635	27,77	6,98 <sup>a</sup>	53,91 <sup>b</sup>	28,87 <sup>a</sup>	25,04 <sup>d</sup>	1,82 <sup>c</sup>
CMSXS636	28,84	6,26 <sup>b</sup>	44,90 <sup>h</sup>	22,08 <sup>h</sup>	22,82 <sup>f</sup>	1,30 <sup>c</sup>
CMSXS637	29,42	6,19 <sup>b</sup>	45,17 <sup>h</sup>	23,36 <sup>g</sup>	21,81 <sup>g</sup>	0,72 <sup>d</sup>
CMSXS639	24,46	6,79 <sup>a</sup>	47,44 <sup>f</sup>	21,77 <sup>h</sup>	25,67 <sup>d</sup>	0,60 <sup>d</sup>
CMSXS643	29,23	6,67 <sup>a</sup>	40,22 <sup>i</sup>	21,00 <sup>i</sup>	19,22 <sup>i</sup>	1,62 <sup>c</sup>
CMSXS644	28,71	6,75 <sup>a</sup>	49,17 <sup>e</sup>	26,73 <sup>c</sup>	22,44 <sup>f</sup>	0,46 <sup>d</sup>
CMSXS646	28,20	5,98 <sup>b</sup>	48,55 <sup>e</sup>	25,51 <sup>e</sup>	23,04 <sup>e</sup>	0,36 <sup>d</sup>
CMSXS647	26,39	6,32 <sup>b</sup>	49,75 <sup>e</sup>	26,22 <sup>d</sup>	23,53 <sup>e</sup>	0,34 <sup>d</sup>
CMSXS648	31,31	6,64 <sup>a</sup>	46,77 <sup>g</sup>	26,79 <sup>c</sup>	19,98 <sup>h</sup>	1,98 <sup>b</sup>
Sugargraze	28,88	6,82 <sup>a</sup>	54,03 <sup>b</sup>	25,86 <sup>d</sup>	28,17 <sup>a</sup>	0,38 <sup>d</sup>
V82391	29,31	6,54 <sup>a</sup>	54,39 <sup>b</sup>	28,33 <sup>a</sup>	26,06 <sup>c</sup>	0,42 <sup>d</sup>
V82392	28,96	6,62 <sup>a</sup>	55,28 <sup>a</sup>	27,68 <sup>b</sup>	27,06 <sup>b</sup>	0,32 <sup>d</sup>
V82393	28,96	6,69 <sup>a</sup>	50,83 <sup>d</sup>	27,42 <sup>c</sup>	23,41 <sup>e</sup>	0,98 <sup>c</sup>
XBSW80007	27,94	6,09 <sup>b</sup>	51,87 <sup>c</sup>	28,44 <sup>a</sup>	23,43 <sup>e</sup>	2,64 <sup>b</sup>
XBSW80147	30,28	7,15 <sup>a</sup>	40,57 <sup>i</sup>	19,16 <sup>j</sup>	21,41 <sup>g</sup>	2,60 <sup>b</sup>

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott e Knoot, ao nível de 5% probabilidade.

Observou-se na Tabela 5 o efeito significativo ( $P < 0,05$ ) para o teor de proteína bruta das silagens. As cultivares BR 501; BR505; BRS511; BRS601; CMSXS629; CMSXS633; CMSXS635; CMSXS639; CMSXS643; CMSXS644; CMSXS648; Sugargraze; V82391; V82392; V82393 e XBSW80147 apresentaram os maiores teores: 7,14; 6,93; 6,67; 6,91; 6,50; 6,51; 6,98; 6,79; 6,67; 6,75; 6,64; 6,82; 6,54; 6,62; 6,69 e 7,15%, respectivamente.

Segundo Van Soest (1994), um alimento deve conter pelo menos 7% de PB, para fornecer nitrogênio suficiente para a efetiva fermentação microbiana no rúmen, garantindo a

adequada degradação do alimento ingerido. Neste trabalho, esse valor foi suprido apenas pelas cultivares BR501 e XBSW80147, com valores médios de 7,14 e 7,15, porém, grande parte das cultivares se aproximam desse valor recomendado.

Foi observado resultado significativo ( $P < 0,001$ ) para o teor de fibra em detergente neutro par das diferentes silagens (Tabela 4). A cultivar V82392 mostrou-se com maior teor médio (55,28%) e a cultivar BRS508 com o menor teor (39,23%). A FDN indica a quantidade total de fibra dentro do volumoso, que está relacionada com o consumo desses alimentos pelos animais. Assim, quanto menor o nível de FDN, maior o consumo de matéria seca.

Para o teor de fibra em detergente ácido (Tabela 5), as cultivares CMSXS635; V82391 e XBSW80007 tiveram os maiores teores (28,87; 28,33 e 28,44%), e as cultivares BRS508 e XBSW80147 os menores teores (19,23 e 19,26%). A FDA indica a digestibilidade, ou seja, a quantidade de fibra que não é digestível, já que contém a maior proporção de lignina (fração de fibra indigestível). é também indicador do valor energético da silagem. Isso significa que, quanto menor a FDA, maior o valor energético.

Para a variável hemicelulose, a cultivar Sugargraze mostrou a média maior (28,17%), e a BR505 a menor (15,89%). Em experimento, avaliando silagens de bagaço da planta inteira de sorgo sacarino, Zeferino (2015) encontrou média de 20,15 e 20,38% para as cultivares Sugargraze e BRS506, respectivamente, valores semelhantes aos relatados neste trabalho. Segundo Silva et al. (1999), em cultivares onde há maiores percentuais de açúcares, como cultivares de sorgo sacarino, provavelmente a hemicelulose possui maior capacidade de atendimento das demandas necessárias para o processo fermentativo.

Para os tores de carboidratos solúveis (Tabela 5), no qual a cultivar CMSXS630 mostrou o maior teor (4,56%) e a cultivar V82392 o menor (0,32%). Os carboidratos solúveis são os principais substratos para a fermentação no material ensilado, sendo quase totalmente consumido durante o processo. Este fato pode explicar as pequenas porcentagens de carboidratos solúveis remanescentes em quase todas as silagens dos bagaços.

Estes resultados reforçam a existência da variação nos valores dos carboidratos entre as cultivares, que podem ter sido influenciados pelo estágio de maturação, a resistência à baixa precipitação pluviométrica, entre outros, que segundo McDonald et al. (1991), esses fatores influenciam a concentração dos carboidratos solúveis. De acordo com Muck (2010), os carboidratos solúveis são compostos por diversos tipos de carboidratos, sendo utilizados como fonte de substrato por bactérias presentes no meio, que os convertem em ácidos orgânicos (principalmente em ácido lático), promovendo a acidificação do meio e a conservação do material ensilado.

É importante considerar, também, que as silagens deste estudo contém o bagaço processado (ainda com umidade) com as folhas, e mais as panículas que foram adicionadas ao ensilar, o que provavelmente ajudou a melhorar a qualidade do volumoso, diminuindo o nível de fibras, aumentando os teores de proteínas e carboidratos solúveis, dentre outros nutrientes essenciais aos ruminantes.

#### 4.3 – Populações microbianas das silagens do bagaço de sorgo sacarino mais panículas.

A Análise de Variância da microbiologia realizadas nas silagens, com seus respectivos P-valores e significâncias, Médias e os Coeficientes de Variação, estão representadas na Tabela 6.

**Tabela 6** – Análise de variância das populações de bactérias ácido lácticas (ufc/g): BAL e dos mofos+leveduras (ufc/g): M+L, das silagens dos bagaços de sorgo sacarino mais panículas

FV	GL	P	
		BAL	M+L
Cultivares	24	<0,001*	<0,001*
Média		4,92	4,37
CV		5,22	3,23

FV: fonte variação; GL: grau de liberdade; P: nível de significância; CV: coeficiente de variação. \*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Houve efeito de cultivares para as populações de bactérias ácido lácticas e mofos mais leveduras, nas silagens do bagaço de sorgo. Na Tabela 7, observamos os dados médios obtidos para as cultivares avaliadas.

Para as populações de bactérias ácido lácticas. As cultivares BR501; BRS508; CMSXS630; CMSXS633; CMSXS635; V82391 e XBSW80007 apresentaram as maiores médias populacionais, com 5,66; 5,87; 5,76; 5,86; 5,62; 5,48 e 5,72 ufc/g, respectivamente. Estas bactérias precisam de fonte de substrato adequada para seu pleno desenvolvimento, porém os baixos níveis de carboidratos solúveis, remanescentes do processo fermentativo, pode-se considerar que o aumento da população das bactérias ácido lácticas pode ter sido também devido a utilização da hemicelulose, pois, de acordo com Hunt et al. (1993), as hemiceluloses parecem ser o principal substrato para a fermentação, após a utilização dos carboidratos solúveis, podendo haver degradação de até 50% do total presente no material original.

As bactérias do ácido láctico, em geral, são essenciais para que ocorra adequado processo fermentativo, pois produzem ácidos orgânicos, em especial o ácido láctico, que promove a acidificação do material ensilado, com declínio do pH e inibição do

desenvolvimento de microrganismos indesejáveis como enterobactérias, fungos filamentosos e leveduras (PAHLOW et al., 2003). No entanto, apesar de suas exigências serem complexas, elas dominam a fermentação, uma vez que as condições anaeróbias sejam atingidas no interior do silo.

**Tabela 7** – Valores médios das populações de bactérias ácido láctico (ufc/g): BAL e dos mofos mais leveduras (log ufc/g): F+L, nas silagens do bagaço de sorgo sacarino mais panículas

Cultivares	BAL	M+L
BR501	5,66 <sup>a</sup>	3,77 <sup>g</sup>
BR505	3,53 <sup>e</sup>	6,09 <sup>a</sup>
BRS506	3,51 <sup>e</sup>	5,09 <sup>c</sup>
BRS507	5,00 <sup>b</sup>	4,11 <sup>f</sup>
BRS508	5,87 <sup>a</sup>	3,34 <sup>h</sup>
BRS511	5,21 <sup>b</sup>	4,03 <sup>f</sup>
BRS601	4,99 <sup>b</sup>	4,19 <sup>e</sup>
CMSXS629	4,01 <sup>d</sup>	5,07 <sup>c</sup>
CMSXS630	5,76 <sup>a</sup>	3,64 <sup>g</sup>
CMSXS633	5,86 <sup>a</sup>	3,48 <sup>b</sup>
CMSXS635	5,62 <sup>a</sup>	3,77 <sup>g</sup>
CMSXS636	5,30 <sup>b</sup>	3,88 <sup>f</sup>
CMSXS637	4,13 <sup>d</sup>	4,98 <sup>c</sup>
CMSXS639	4,63 <sup>c</sup>	4,33 <sup>e</sup>
CMSXS643	4,88 <sup>b</sup>	4,22 <sup>e</sup>
CMSXS644	4,43 <sup>c</sup>	4,92 <sup>c</sup>
CMSXS646	4,51 <sup>c</sup>	4,60 <sup>d</sup>
CMSXS647	5,30 <sup>b</sup>	4,02 <sup>f</sup>
CMSXS648	4,82 <sup>c</sup>	4,26 <sup>e</sup>
Sugargraze	4,49 <sup>c</sup>	4,90 <sup>c</sup>
V82391	5,48 <sup>a</sup>	3,96 <sup>f</sup>
V82392	4,53 <sup>e</sup>	4,56 <sup>d</sup>
V82393	5,13 <sup>b</sup>	4,06 <sup>f</sup>
XBSW80007	5,72 <sup>a</sup>	3,73 <sup>g</sup>
XBSW80147	4,67 <sup>c</sup>	4,27 <sup>e</sup>

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott e Knoot, ao nível de 5% probabilidade.

Quanto as populações de mofos+leveduras, para a cultivar BR505 observou-se maior valor médio (6,09 ufc/g) e a cultivar BRS508 menor média (3,34 ufc/g). Os fungos filamentosos são microrganismos indesejáveis em silagens por atuarem no consumo de açúcares e ácido láctico, metabolizarem celulose e outros componentes da parede celular e produzirem micotoxinas (SCUDAMORE; LIVESEY, 1998).

Assim, como os mofos e as leveduras também não são desejáveis, uma vez que não contribuem para acidificação do meio, por se desenvolverem em níveis de acidez variados (pH 3,5 a 6,5), além de crescerem em substratos como carboidratos solúveis e ácido láctico, gerando como produto de fermentação, etanol e CO<sub>2</sub>, ocasionando perdas de matéria seca e energia, influenciando na qualidade da silagem durante a fermentação e após a abertura do silo, sendo responsável pela deterioração ao O<sub>2</sub> (MUCK, 2010).

A multiplicação dessas populações microbianas (bactérias ácido lácticas e mofos+leveduras) na massa ensilada pode estar relacionada às condições do meio que, naturalmente, selecionou os grupos microbianos que se desenvolveram, visto que cada cultivar já possuía a sua microbiota autóctone equilibrada. Porém, o procedimento de colheita, transporte, corte e prensagem para obtenção do bagaço, além do método para compactação, também podem ter influenciado nas variações dessas populações.

#### 4.4 – Teores dos ácidos orgânicos das silagens do bagaço de cultivares de sorgo sacarino mais panículas.

Na Tabela 8, encontra-se o resumo da Análise de Variância dos teores de ácidos orgânicos avaliados e etanol das silagens.

**Tabela 8** – Análise de variância dos teores de Ácido Láctico (%): LAT; Ácido Acético (%): ACET; Ácido Propiônico (%): PROP; Ácido Butírico (%): BUT; e Etanol (%): ETAN, das silagens do bagaço de sorgo sacarino mais panículas

FV	GL	P				
		LAT	ACET	PROP	BUT	ETAN
Cultivares	24	<0,001*	<0,001*	<0,001*	<0,001*	<0,001*
Média		4,79	2,65	0,05	0,20	3,18
CV		8,79	11,64	5,67	15,11	8,76

FV: fonte variação; GL: grau de liberdade; P: nível de significância; CV: coeficiente de variação. \*Significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade.

Houve efeito de cultivares (P<0,05) para todos os ácidos orgânicos e para o etanol. Na tabela 9, observamos as médias das silagens das cultivares.

Para o teor de ácido láctico, onde as cultivares BR501; BRS508; CMSXS630; CMSXS633 e XBSW80007 apresentaram maiores teores: 5,51; 5,98; 5,76, 5,78 e 5,51%, respectivamente. O ácido láctico, em silagens bem fermentadas, domina, em sua maioria, o material ensilado, conservam a massa ensilada e são produzidos por bactérias do ácido láctico em meio anaeróbico, sendo o principal agente regulador da acidez da massa ensilada McDonald et al. (1991).

**Tabela 9** – Valores médios dos teores de: Ácido Lático (%): LAT; Ácido Acético (%): ACET; Ácido Propiônico (%): PROP; Ácido Butírico (%): BUT; e Etanol (%), das silagens do bagaço de sorgo sacarino mais panículas

Cultivares	LAT	ACET	PROP	BUT	Etanol
BR501	5,51 <sup>a</sup>	3,70 <sup>a</sup>	0,06 <sup>b</sup>	0,15 <sup>d</sup>	5,06 <sup>a</sup>
BR505	3,99 <sup>c</sup>	2,49 <sup>c</sup>	0,06 <sup>b</sup>	0,14 <sup>d</sup>	2,61 <sup>d</sup>
BRS506	3,96 <sup>c</sup>	2,75 <sup>b</sup>	0,05 <sup>c</sup>	0,16 <sup>d</sup>	2,98 <sup>d</sup>
BRS507	4,82 <sup>c</sup>	3,39 <sup>a</sup>	0,06 <sup>b</sup>	0,21 <sup>c</sup>	0,82 <sup>g</sup>
BRS508	5,98 <sup>a</sup>	2,62 <sup>b</sup>	0,06 <sup>b</sup>	0,15 <sup>d</sup>	3,37 <sup>c</sup>
BRS511	4,85 <sup>c</sup>	3,48 <sup>a</sup>	0,05 <sup>c</sup>	0,25 <sup>b</sup>	5,12 <sup>a</sup>
BRS601	4,72 <sup>c</sup>	2,67 <sup>b</sup>	0,05 <sup>c</sup>	0,14 <sup>d</sup>	2,85 <sup>d</sup>
CMSXS629	4,09 <sup>c</sup>	2,68 <sup>b</sup>	0,04 <sup>d</sup>	0,12 <sup>d</sup>	4,94 <sup>a</sup>
CMSXS630	5,76 <sup>a</sup>	2,79 <sup>b</sup>	0,04 <sup>d</sup>	0,18 <sup>c</sup>	1,85 <sup>e</sup>
CMSXS633	5,78 <sup>a</sup>	2,84 <sup>b</sup>	0,04 <sup>d</sup>	0,21 <sup>b</sup>	1,39 <sup>f</sup>
CMSXS635	5,26 <sup>b</sup>	1,51 <sup>d</sup>	0,05 <sup>c</sup>	0,26 <sup>b</sup>	5,29 <sup>a</sup>
CMSXS636	5,05 <sup>b</sup>	2,43 <sup>c</sup>	0,04 <sup>d</sup>	0,17 <sup>d</sup>	2,02 <sup>e</sup>
CMSXS637	4,12 <sup>c</sup>	3,08 <sup>b</sup>	0,05 <sup>c</sup>	0,14 <sup>d</sup>	3,59 <sup>c</sup>
CMSXS639	4,48 <sup>c</sup>	3,24 <sup>a</sup>	0,06 <sup>b</sup>	0,14 <sup>d</sup>	5,42 <sup>a</sup>
CMSXS643	4,62 <sup>c</sup>	2,82 <sup>b</sup>	0,05 <sup>c</sup>	0,16 <sup>d</sup>	3,86 <sup>c</sup>
CMSXS644	4,19 <sup>c</sup>	2,61 <sup>b</sup>	0,04 <sup>d</sup>	0,26 <sup>b</sup>	2,14 <sup>e</sup>
CMSXS646	4,36 <sup>c</sup>	2,29 <sup>c</sup>	0,05 <sup>d</sup>	0,15 <sup>d</sup>	0,76 <sup>g</sup>
CMSXS647	4,89 <sup>c</sup>	2,87 <sup>b</sup>	0,05 <sup>c</sup>	0,27 <sup>b</sup>	4,79 <sup>b</sup>
CMSXS648	4,54 <sup>c</sup>	2,67 <sup>b</sup>	0,03 <sup>e</sup>	0,16 <sup>d</sup>	1,95 <sup>e</sup>
Sugargraze	4,23 <sup>c</sup>	1,47 <sup>d</sup>	0,06 <sup>b</sup>	0,38 <sup>a</sup>	4,50 <sup>b</sup>
V82391	5,05 <sup>b</sup>	2,42 <sup>c</sup>	0,06 <sup>b</sup>	0,22 <sup>b</sup>	4,35 <sup>b</sup>
V82392	4,47 <sup>c</sup>	2,42 <sup>c</sup>	0,06 <sup>b</sup>	0,16 <sup>d</sup>	4,65 <sup>b</sup>
V82393	4,84 <sup>c</sup>	2,03 <sup>d</sup>	0,05 <sup>c</sup>	0,25 <sup>b</sup>	1,64 <sup>f</sup>
XBSW80007	5,51 <sup>a</sup>	2,73 <sup>b</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,17 <sup>d</sup>	2,43 <sup>d</sup>
XBSW80147	4,52 <sup>c</sup>	2,26 <sup>c</sup>	0,06 <sup>b</sup>	0,15 <sup>d</sup>	0,99 <sup>g</sup>

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott e Knott, ao nível de 5% probabilidade.

Na Tabela 7, observa-se que as cultivares que apresentaram maiores populações de BAL, foram as que tiveram maiores teores do ácido lático (Tabela 9). Em geral, a média do teor de ácido lático, observada entre as silagens das cultivares desse estudo (4,79%) são consideradas satisfatórias para garantir uma boa fermentação (McDonald et al., 1991).

Para os teores de ácido acético, as cultivares BR501; BRS507; BRS511 e CMSXS635 apresentaram os maiores teores de ácido acético: 3,70; 3,39; 3,48 e 3,24%, respectivamente, e as cultivares CMSXS635 e Sugargraze menores teores de ácido acético: 1,51 e 1,47%, respectivamente.

Segundo McDonald et al. (1991), a alta produção de ácido acético é indicativa da ação de enterobactérias, que ocorre durante as fases iniciais da fermentação da silagem, competindo com a bactérias ácido lácticas por nutrientes. Mas, por outro lado, a produção de ácido acético também pode ocorrer por bactérias ácido lácticas heterofermentativas, que produzem uma molécula de ácido láctico e uma molécula de ácido acético, contribuindo para a rápida acidificação do meio (ROTH; UNDERSANDER, 1995). Além disso, o ácido acético é um agente antifúngico, altamente eficaz, que melhora a estabilidade aeróbia das silagens (KUNG JR. et al., 2003).

Para os teores de ácido propiônico apenas a cultivar XBSW80007 apresentou maior teor (0,07%), e, em relação aos teores de ácido butírico, a cultivar Sugargraze foi a que apresentou maior teor (0,38%). Porém, de acordo com a média geral desses ácidos (Tabela 8), vimos que foi de 0,05 e 0,20% para ácido propiônico e butírico, respectivamente. Assim, o menor teor desses ácidos, pode estar associado com acidificação do meio, devido às suas susceptibilidades para o baixo pH. Consequentemente, em silagens com boa fermentação, é comum encontrar valores mínimos para eles.

Para teor de etanol, observa-se que a cultivar BRS507 mostrou menor teor de etanol (0,82%). Contudo, como observado na Tabela 7, houve o desenvolvimento de leveduras durante a fermentação, o que pode ter resultado na produção de etanol. A fermentação alcoólica leva a um aumento das perdas, porque cada mole de glicose fermentada, duas moléculas de CO<sub>2</sub> são formadas e perdidas na forma gasosa, além da produção de etanol que é um composto orgânico volátil (OUDE ELFERINK et al., 2001).

#### 4.5 – Características fermentativas das silagens do bagaço das cultivares de sorgo sacarino mais panículas.

A Análise de Variância referentes ao pH, atividade da água, condutividade elétrica e nitrogênio amoniacal, estão descritos na Tabela 10.

**Tabela 10** – Resumo da Análise de Variância de pH; Atividade da água: Aw; Condutividade Elétrica (S/cm): CE; Nitrogênio Amoniacal (%N-NH<sub>3</sub>/N-Total): NH<sub>3</sub>, das silagens do bagaço de sorgo sacarino mais panículas

FV	GL	P			
		pH	Aw	CE	NH <sub>3</sub>
Cultivares	24	0,3562 <sup>NS</sup>	0,4196 <sup>NS</sup>	<0,001*	<0,001*
Média		3,48	0,96	0,81	3,28
CV		2,77	0,72	6,94	15,25

FV: fonte variação; GL: grau de liberdade; P: nível de significância; CV: coeficiente de variação. \*Significativo; NS - não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Não houve efeito significativo de cultivares para o pH e atividade da água. E observou-se efeito significativo para a condutividade elétrica e o nitrogênio amoniacal.

Observam-se na Tabela 11, os resultados médios para as variáveis que obtiveram efeito significativo.

**Tabela 11** – Valores médios de pH; Atividade da água (Aw); da Condutividade Elétrica (S/cm): CE, e Nitrogênio Amoniacal (%N-NH<sub>3</sub>/N-Total): NH<sub>3</sub>

Cultivares	pH	Aw	CE	NH <sub>3</sub>
BR501	3,41	0,95	0,93 <sup>a</sup>	4,20 <sup>a</sup>
BR505	3,56	0,95	0,85 <sup>b</sup>	2,98 <sup>b</sup>
BRS506	3,48	0,96	0,88 <sup>b</sup>	3,03 <sup>b</sup>
BRS507	3,48	0,96	0,76 <sup>c</sup>	3,09 <sup>b</sup>
BRS508	3,49	0,95	0,83 <sup>b</sup>	3,35 <sup>b</sup>
BRS511	3,45	0,96	0,79 <sup>c</sup>	3,14 <sup>b</sup>
BRS601	3,58	0,96	0,95 <sup>a</sup>	3,09 <sup>b</sup>
CMSXS629	3,46	0,96	0,84 <sup>b</sup>	3,83 <sup>a</sup>
CMSXS630	3,41	0,96	0,78 <sup>c</sup>	3,14 <sup>b</sup>
CMSXS633	3,49	0,95	0,81 <sup>c</sup>	3,35 <sup>b</sup>
CMSXS635	3,40	0,96	0,79 <sup>c</sup>	2,93 <sup>b</sup>
CMSXS636	3,44	0,95	0,76 <sup>c</sup>	4,15 <sup>a</sup>
CMSXS637	3,49	0,95	0,72 <sup>c</sup>	3,40 <sup>b</sup>
CMSXS639	3,54	0,95	0,77 <sup>c</sup>	3,46 <sup>b</sup>
CMSXS643	3,44	0,95	0,78 <sup>c</sup>	2,34 <sup>b</sup>
CMSXS644	3,47	0,95	0,78 <sup>c</sup>	3,19 <sup>b</sup>
CMSXS646	3,42	0,95	0,77 <sup>c</sup>	2,82 <sup>b</sup>
CMSXS647	3,48	0,96	0,81 <sup>c</sup>	3,25 <sup>b</sup>
CMSXS648	3,46	0,95	0,79 <sup>c</sup>	4,15 <sup>a</sup>
Sugargraze	3,56	0,95	0,77 <sup>c</sup>	2,98 <sup>b</sup>
V82391	3,55	0,96	0,71 <sup>c</sup>	3,19 <sup>b</sup>
V82392	3,63	0,96	0,80 <sup>c</sup>	4,36 <sup>a</sup>
V82393	3,52	0,96	0,81 <sup>c</sup>	2,61 <sup>b</sup>
XBSW80007	3,43	0,96	0,81 <sup>c</sup>	2,37 <sup>b</sup>
XBSW80147	3,52	0,96	0,85 <sup>b</sup>	3,30 <sup>b</sup>

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott e Knoot, ao nível de 5% probabilidade.

O valor médio do pH (4,93) pode ser considerado como sendo ideal, uma vez que valores de pH menores que 4,0 indicam que a fermentação láctica foi intensa, a qual inibe o crescimento de microrganismos indesejáveis, garantindo a qualidade do produto final, levando a silagens ácidas, e o que pode ter ajudado a conservar uma boa situação interna para manutenção dos nutrientes até a abertura dos silos (FERREIRA et al., 2011).



Apesar dos baixos teores de carboidratos solúveis (Tabela 4) encontrados nas silagens, estas mostraram valores de pH considerados adequados para a conservação. Isso significa que, provavelmente, o abaixamento do pH das silagens deveu-se, também, à fermentação de carboidratos adicionais, provavelmente da hidrólise de hemiceluloses. Com isso, comprova-se a importância desses açúcares para a produção de ácido lático e a consequente queda do pH.

A acidez é importante no processo de avaliação da qualidade das silagens. Contudo, o pH, isoladamente, não pode ser considerado como critério seguro para avaliação desse produto, pois seu efeito inibidor sobre as bactérias e enzimas das plantas depende da velocidade do declínio da concentração iônica e do grau de umidade do meio (VILELA, 1998). De acordo com Evangelista et al. (2005), as silagens são classificadas como excelentes, quando apresentam pH menores que 4,6, para teores de MS, variando de 26 a 35%.

Para a atividade da água nas silagens, que segundo Ditchfield (2000), esse termo determina a água disponível para o crescimento microbiano e para as reações que possam deteriorar os alimentos.

O valor da  $A_w$  indica o nível de água em sua forma livre nos materiais e é expresso na escala de 0 (zero) a 1 (um). Considera-se o valor 0 (zero) para materiais livres de água e 1(um) para a água em sua forma líquida, considerando que a água é um veículo importante para este processo de hidrólise, tendo em vista que a digestão microbiana dos nutrientes ocorre no meio extracelular (JOBIM et al., 2007).

A média de 0,96, observada para  $A_w$ , neste estudo, indica que, mesmo retirando o suco do colmo das cultivares no moinho elétrico, e adicionando as panículas no momento da ensilagem, ainda houve intensa atividade da água, favorecendo a ação dos microrganismos, contribuindo para uma fermentação de qualidade.

Para a condutividade elétrica, os valores médios: 0,93 e 0,95 S/cm, observados para as cultivares BR501 e BRS601, permite inferir que houve maior lise celular nestas silagens, e consequentemente podem ter levado a maior perda de íons nos efluentes. Ressalta-se que a CE é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica, além de avaliar a intensidade da ruptura celular da forragem submetida ao corte e o consequentemente extravasamento de íons para a solução (KRAUS et al., 1997). Assim, quanto maior o valor da CE, maior poderá ser as perdas de nutrientes pelos efluentes.

Para o nitrogênio amoniacal, observou-se que as cultivares BR501; CMSXS629; CMSXS636; CMSXS648 e V82392 mostraram os maiores valores: 4,20; 3,83; 4,15; 4,15 e 4,36%, respectivamente. As silagens avaliadas podem ser classificadas de acordo com Ribeiro

et al. (2007), como de bom padrão fermentativo, pois apresentaram uma relação  $\text{NH}_3/\text{N}_{\text{total}}$  menor que 10%, o que demonstra que a proteólise ocorrida no interior dos silos durante o processo de fermentativo, foi pouco relevante.

Pode-se relacionar os baixos teores de  $\text{N-NH}_3/\text{N}_{\text{total}}$  com os baixos valores de pH. Esse efeito indica que a acidificação do meio inibiu a desnaturação das enzimas proteolíticas, e não reduziu o valor nutritivo das silagens, já que a maioria dessas enzimas é ativa somente em pH acima de cinco.

#### 4.6 – Recuperação de Matéria Seca e Perdas por gases e Tamanho Médio de Partículas.

A Análise de Variância destas variáveis da Recuperação de MA, perdas por gases e Tamanho médio de partículas, está demonstrada na Tabela 12.

**Tabela 12** – Análise de variância da Recuperação de Matéria Seca (%): RMS, Perdas por Gases (%): Gases e Tamanho Médio de Partículas (mm): TMP

FV	GL	P		
		RMS	Gases	TMP
Cultivares	24	0,0451	0,0292	0,0773
Média		86,88	12,84	12,52
CV		9,41	44,16	35,62

FV: fonte variação; GL: grau de liberdade; P: nível de significância; CV: coeficiente de variação. \*Significativo; NS - não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Houve efeito significativo de cultivares para a recuperação de matéria seca ( $P=0,0451$ ) e perdas por gases ( $P=0,0292$ ). Não se verifica-se diferença significativa ( $P=0,0773$ ) para o tamanho médio de partículas. Na tabela 13, encontram-se os valores médios para as variáveis que apresentaram efeito significativo entre as silagens das cultivares.

Para recuperação de matéria seca e perdas por gases, observou-se que as cultivares das silagens: BR501; BRS506; BRS507; BRS508; BRS511; BRS601; CMSXS630; CMSXS633; CMSXS636; CMSXS637; CMSXS644; CMSXS647; CMSXS648; Sugargraze; V82393; XBSW80007 e XBSW80147 apresentaram maiores taxa de recuperação de matéria seca e menores perdas por gases. De acordo com Pahlow et al. (2003), a RMS expressa em porcentagem o quanto de MS é retirada do silo em relação a quantidade depositada no momento da ensilagem, assim quanto maior o percentual de RMS, menores são as perdas totais de MS.

Logo as perdas por gases são inevitáveis e difíceis de serem reduzidas, pois ocorrem durante o processo fermentativo da forragem ensilada, e podem ser ocasionadas pela manifestação de bactérias do gênero *Clostridium*, que atuam sobre o lactato ou açúcares, produzindo ácido butírico e  $\text{CO}_2$  (JOBIM et al., 2007).

**Tabela 13** – Valores médios observados de: Recuperação de Matéria Seca (%MS): RMS; Perdas por Gases (%): Gases e Tamanho Médio de Partículas (mm): TMP; das silagens do bagaço de cultivares de sorgo sacarino mais panículas

Cultivares	RMS	GASES	TMP
BR501	90,77 <sup>a</sup>	9,2 <sup>b</sup>	13,71
BR505	84,60 <sup>b</sup>	15,08 <sup>a</sup>	15,12
BRS506	88,71 <sup>a</sup>	11,25 <sup>b</sup>	11,39
BRS507	93,08 <sup>a</sup>	6,92 <sup>b</sup>	9,16
BRS508	92,90 <sup>a</sup>	7,1 <sup>b</sup>	11,63
BRS511	86,94 <sup>a</sup>	13,06 <sup>b</sup>	9,80
BRS601	94,39 <sup>a</sup>	5,61 <sup>b</sup>	14,63
CMSXS629	77,34 <sup>b</sup>	22,66 <sup>a</sup>	9,76
CMSXS630	86,31 <sup>a</sup>	13,69 <sup>b</sup>	15,62
CMSXS633	89,02 <sup>a</sup>	10,98 <sup>b</sup>	10,55
CMSXS635	80,17 <sup>b</sup>	19,83 <sup>a</sup>	15,94
CMSXS636	90,77 <sup>a</sup>	9,23 <sup>b</sup>	11,42
CMSXS637	87,03 <sup>a</sup>	12,97 <sup>b</sup>	8,42
CMSXS639	75,27 <sup>b</sup>	24,73 <sup>a</sup>	10,42
CMSXS643	81,68 <sup>b</sup>	18,32 <sup>a</sup>	10,42
CMSXS644	96,86 <sup>a</sup>	3,14 <sup>b</sup>	11,26
CMSXS646	77,29 <sup>b</sup>	22,71 <sup>a</sup>	14,69
CMSXS647	88,68 <sup>a</sup>	11,32 <sup>b</sup>	21,51
CMSXS648	92,88 <sup>a</sup>	7,12 <sup>b</sup>	19,66
Sugargraze	88,84 <sup>a</sup>	9,86 <sup>b</sup>	10,55
V82391	77,65 <sup>b</sup>	22,35 <sup>a</sup>	13,19
V82392	81,19 <sup>b</sup>	18,81 <sup>a</sup>	9,58
V82393	90,82 <sup>a</sup>	9,18 <sup>b</sup>	14,15
XBSW80007	87,30 <sup>a</sup>	7,35 <sup>b</sup>	10,06
XBSW80147	91,58 <sup>a</sup>	8,42 <sup>b</sup>	10,34

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott e Knoot, ao nível de 5% probabilidade.

As perdas por efluentes não foram quantificadas nesse trabalho, mas foi possível visualizar que foram baixas, o que ocorreu em função do teor de MS dos bagaços, juntamente com suas panículas ao ensilar. De acordo com Oliveira et al. (2009), o teor de matéria seca da forragem antes da ensilagem é um dos principais fatores no processo da ensilagem, uma vez que determinará o tipo de fermentação que irá ocorrer no interior do silo.

Para o tamanho médio de partículas, observou-se média de 12,52 mm, o que facilitou a confecção das silagens, proporcionando boa compactação no processo. O TMP influencia a porosidade na massa de forragem colocada no silo e consequentemente à resistência da planta à compactação (PAZIANI, 2004). Além disso, observou-se que o teor de

MS e o TMP contribuíram para a ocorrência de pequenas perdas físicas observadas por ocasião da abertura dos silos.

## CONCLUSÃO

A cultivar BR505 se destacou na PMV e nas características bromatológicas, com maior teor de proteína bruta e baixa hemicelulose.

A cultivar BRS508 se destacou nas características fermentativas do silo, com maior população de bactérias ácido lácticas, produziu mais ácido láctico, proporcionando diminuição da população de mofos+leveduras, da produção do ácido butírico e do nitrogênio amoniacal, proporcionando a maior recuperação de matéria seca e diminuindo as perdas.

A cultivar CMSXS630 apresentou boa produção e perfil fermentativo adequado com poucas perdas, sendo a cultivar indicada para produção de etanol e ensilagem do bagaço do sorgo sacarino.

## REFERÊNCIAS

- ABDALLA, L.A.; SILVA FILHO, J.C.; GODOI, A.R.; CARMO, C.A.; EDUARDO, J.L.P. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, suplemento especial, p.260-258, 2008.
- AMARAL, S. R.; LIRA, M. A.; TABOSA, J. N.; SANTOS, M. V. F. S.; MELLO, A. C. L.; SANTOS, V. F. Comportamento de linhagens de sorgo forrageiro submetidas a déficit hídrico sob condições controladas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n.8, p. 973-979, 2003.
- AOAC - Association Official Analytical Chemists (1995) Official methods of analysis 14<sup>a</sup> ed. Washington, AOAC. 101p. CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. Assessing Silage Quality. In: Buxton et al. Silage Science and Technology. Madison, Wisconsin, USA. 2003. p.141-198.
- ÁVILA, S.C.; MARTINS, A.A.; KOZLOSKI, G.V.; ORLANDI, T.; MEZZOMO, M.P.; STEFANELLO, C.M.; HENTZ, F. CASTAGNINO, P. Suplementação com farelo de girassol para ovinos alimentados com silagem do bagaço de sorgo sacarino. **Ciência Rural**, v.42, n.7, 2013.
- BALSALOBRE, M. A. A.; NUSSIO, L. G.; MARTHA JR., G. B. Controle de perdas na produção de silagens de gramíneas tropicais. In: MATTOS, W. R. S. (Ed.). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. p.890-911, 2001.
- BLUMMEL, M.; RAO, S.S.; PALANISWAMY, S.; SHAH, L.; BELUM REDDY, V.S. Evaluation of Sweet Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] used for Bio ethanol production in the context of optimizing whole plant utilization. **Anim. Nutri. and Feed Tech.** 9:1-10. 2009.
- CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. Assessing silage quality. In: BUXTON, D.R.; **American Society of Agronomy**, 2003. p.141-198.
- MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds). **Silage science and technology**. 1.ed. Madison:
- CORREA, C.E.S. Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação. 1996. 119f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- CORREA, C.E.S. Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação. 1996. 119f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- CRUZ, CD. Programa Genes: Biometria. Viçosa: UFV, 2006. 452p.
- DETMANN, E. ; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. **Métodos para Análise de Alimentos - INCT - Ciência Animal**, ed. 1, Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214p.

DITCHFIELD, C. **Estudos dos métodos para a medida da atividade de água**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 195p. 2000.

EVANGELISTA, A.R.; ABREU, J.G.; AMARAL, P.N.C.; PEREIRA, R.C.; SALVADOR, F.M.; LOPES, J.; SOARES, L.Q. Composição bromatológica de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) aditivadas com forragem de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) Dewit). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 429-435, 2005.

FERREIRA, D.J.; ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M.; LANA, R. P.; SILVA, W. L.; SOUZA, A. L.; PEREIRA, O. G. Perfil fermentativo e valor nutritivo de silagem de capim-elefante inoculada com *Streptococcus bovis*. **Archivos de Zootecnia**. v.60, p.1223-1228, 2011.

HAIGH, P.M. Effluent production from grass silages treated with additives and made in large-scale bunker silos. **Grass and Forage Science**, v.54, p.208-218, 1999.

HUNT, C.W.; KEZAR, W.; HINMAN, D.D. et al. Effects of hybrid and ensiling with and without a microbial inoculant on the nutritional characteristics of whole-plant corn. **Journal Animal Science**, v.71, p.38-43, 1993.

HUNT, C.W.; KEZAR, W.; HINMAN, D.D. et al. Effects of hybrid and ensiling with and without a microbial inoculant on the nutritional characteristics of whole-plant corn. **Journal Animal Science**, v.71, p.38-43, 1993.

IQBAL, M.A.; IQBAL, A.; ALI, K.; ALI, H.; KHAN, R.D.; AHMAD, B.; NABEEL, F.; RAZA, A. Integration of forage sorghum and by-products of sugarcane and sugar beet industries for ruminant nutrition: a review. **Global Veterinária**. v.14 (5), p.752-760, 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Estações automáticas. 2012. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 04 julho de 2017.

JOBIM, C. C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, suplemento especial, p.101-119, 2007.

KILL, L.H.P.; MENEZES, E.A. **Espécies vegetais exóticas em potencialidades para o semi-árido brasileiro**. Brasília: Embrapa- Informação Tecnológica, 2005. 340p.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

KRAUS, T.J.; KOEGER, R.G.; STRAUB, R.J.; SHINNERS, K.J. Leachate conductivity as an index for quantifying level of forage conditioning. In: Asae Annual International Meeting, 1997, Minneapolis: ASAE, **Proceedings...** 1997. 12p.

KUMARI, N.N; REDDY, Y.R.; BLUMMEL, M.; NAGALAKSHMI, D.; MONICA, T. Effect of feeding sweet sorghum bagasse silage with or without chopping on nutrient utilization in deccani sheep. **Animal Nutrition and Feed Technology**, 13: 243-249, 2013.

KUNG JR, L. **Preparation of silage water extracts for chemical analyses: Standard operating procedures** – Worrlow: University of Delaware, Ruminat Nutrition Lab., 1996. 309 p.

KUNG Jr., L.; STOKES, M.R. Analyzing silages for fermentation end products. 2001. Disponível em

KUNG JUNIOR, L. Preparation of silage water extracts for chemical analyses. Standard operating procedure - 001 2.03.96. Delaware: University of Delaware -Ruminant Nutrition Lab., 1996. 32 p.

LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICH, A.J. A simple method for the analysis of particle size of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, v.79, p.922-928, 1996.

LIRA, M.A. Considerações sobre o potencial do sorgo em Pernambuco. IN: Curso de extensão sobre a cultura do sorgo. Brasília: Embrapa-DID, 1981. P.87-88.

MARI, L.J.; NUSSIO, L.G. O método Penn State Particle Size Separator para a predição do tamanho de partículas de silagens. 2002.

MARTINS, A.M.; PARRELLA, R.A.; LOPES, D.C.; SCHAFFERT, R.E.; PARRELLA, N.N.L.D.; NEVES, W.S.; SILVA, A.P.C.M. Período de utilização industrial de cultivares de sorgo sacarino visando a produção de etanol. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas-MG, v16, n.2, p. 217-231, 2017.

MAY, A.; ABREU, M.C. Desempenho agrícola de sorgo sacarino na safra 2011-2012. p 15-24. In: Seminário Temático Agroindustrial de Produção de Sorgo Sacarino para Bioetanol. Embrapa Milho e Sorgo – Sete Lagoas. **Anais...** 2012.

MERLIN, R.O. **A importância do etanol brasileiro no cenário mundial**. Monografia. 67p. Universidade do Vale do Itajaí.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2 ed. Marlow: Chalcombe Publications. 340p, 1991.

MUCK, R.E. Microbiologia silagem e seu controle por meio de aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 183-191, (supl. Especial) 2010.

NAEINI, S.Z.; KHORVASH, M.; ROWGHANI, E.; BAYAT, A.; NIKOUSEFAT, Z. E. Effects of urea and molasses supplementation on chemical composition, protein fractionation and fermentation characteristics of sweet sorghum and bagasse silages as alternative silage crop compared with maize silage in the arid areas. **Research Opinions in Animal and Veterinary Sciences**, 4(6):343-352. April 2014.

OLIVEIRA, A.S. **Coprodutos da extração de óleos de sementes de mamona e de girassol na alimentação de ruminantes**. Viçosa, 2008. 165p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2008.

OLIVEIRA, J.R.M. **Avaliação de novas progênies F6 de sorgo sacarino promissoras para a produção de etanol na Zona da Mata de Pernambuco**. Dissertação de Mestrado. 106 p. Recife-PE, 2014.

OLIVEIRA, R. P.; FRANÇA, A. F. S.; SILVA, A. G.; MIYAGI, E. S.; OLIVEIRA, E. R.; PERÓN, H. J. M. C. Composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 10, n. 4, p. 1003-1012, 2009.



OLIVER, A.L.; GRANT, R.J.; PEDERSEN, J.F.; O'REAR, J. Comparison of brown midrib-6 and-18 forage sorghum with conventional sorghum and corn silage in diets of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.87, p.637-644, 2004.

OLIVETTI, M.P.A.; CAMARGO, A.M.M.P. Aspectos econômicos e desenvolvimento da cultura do sorgo. *Informações Econômicas*. V.1, 1997.

OUDE ELFERINK, S.J.W.H. et al. Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. **Applied Environmental Microbiology**, v.67, p.125-132, 2001.

PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUUS, F. Microbiology of ensiling. In: *Silage Science and Technology*. Madison. **Proceedings...** Madison: ASCSSA-SSSA, Agronomy 42, 2003. p.31-93.

PAZIANI, S.F. **Controle de perdas na ensilagem, desempenho e digestão de nutrientes em bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de capim tanzânia**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 208p., 2004.

PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Sete Lagoas-MG: Embrapa, 2015. 332p.

PIN, E.A. **Silagem do bagaço de sorgo sacarino**. Tese de Doutorado. 85p. Pato Branco-PR, 2015.

RIBEIRO, C.G.M., GONÇALVES, L.C., RODRIGUES, J.A.S., RODRIGUEZ, N.M., BORGES, I., BORGES, A.L.C.C., RIBEIRO JUNIOR, G.O. Padrão de fermentação da silagem de cinco genótipos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 59(6), 1531- 1537, 2007.

RODRIGUES, L.D. **A cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção de biocombustíveis: impactos ambientais e o zoneamento agroecológico como ferramenta para mitigação**. Trabalho de Conclusão de Curso. 64p. Universidade Federal de Juiz de Fora.

RODRIGUES, A.M.; MONTEIRO, J.S.; FERREIRA, L.M.M.; RODRIGUES, M.A.M. Valor nutritivo de silagens de bagaço de sorgo sacarino produzido na Beira Interior Sul. In: *Jornadas de Utilização de Coprodutos da Agro-Indústria na Alimentação Animal*. Vila Real. Outubro, 2012. **Anais...** 2012.

ROHOWSKY, B. Feasibility of simultaneous saccharification and juice co-fermentation on hydrothermal preated sweet sorghum bagasse for ethanol production. **Applied Energy**, v.2, p.1-9, 2012.

ROTH, G.; UNDERSANDER, D. Silage additives. In: **Corn silage production management and feeding**. Madison: Madison American Society of Agronomy, 1995. p.27-29.

ROTH, G.; UNDERSANDER, D. Silage additives. In: *Corn silage production management and feeding*. Madison: Madison American Society of Agronomy, 1995. p. 27-29.

SANTOS, FG.; CASELA, C.R.; WAQUIL, J.M. Melhoramento de sorgo. In: **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 2005. p.429-466.

SANTOS, H.G. DOS; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. DOS; OLIVEIRA, V.A. DE; OLIVEIRA, J.B. DE; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, RJ (Brazil); Sistema brasileiro de classificação de solos; Rio de Janeiro, RJ (Brazil). 2006. 2. ed. 306 p.

SCUDAMORE, K.A.; LIVESEY, C.T. Occurrence and significance of mycotoxins in forage crops and silage: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 77, p. 1-17, 1998.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos)**. 3ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

SILVA, F.F. et al. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) de portes baixos, médio e alto com diferentes proporções de colmo+folha/panícula. 1. Avaliação do processo fermentativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.01, p.14-20, 1999.

SUN, X.Z., YAMANA, N., DOHI, M., NAKATA, N., 2010. Development of a roller-belt extractor for chop-harvested sweet sorghum. **Trans. ASABE** 53, 1631–1638.

TABOSA, J.N.; REIS, O.V.; NASCIMENTO, M.M.A.; LIMA, J.M.P.; SILVA, F.G.; FILHO, J.S.; BRITO, A.R.M.B.; RODRIGUES, J.A.S. O sorgo sacarino no Semi-árido Brasileiro: Elevada Produção de Biomassa e Rendimento de Caldo. In: 28º Congresso Nacional de Milho e Sorgo. p -2179- 2186. Goiânia- GO. **Anais...** 2010.

TOLMASQUIM, M.T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética brasileira: uma perspectiva. **Novos estudos CEBRAP**. n.79, 2007.

TURHOLLOW, A.F.; WEBB, E.G.; DOWNING, M.E. Review of sorghum production practices: applications for bioenergy. Environmental Sciences Division. Oak Ridge National Laboratory, Tennessee 37831-6283, Jun 2010.

VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. 2ed. Ithaca, New York: Cornell University, 1994. 476p.

VIDYA, B.; REDDY, Y.R.; RAO, D.S. Effect of supplementation of concentrate to sweet sorghum (*Sorghum Bicolor* L. Moench) bagasse leaf residue silage on performance and carcass characteristics in native sheep. **Indian Journal Animal Research**. v.2, issue 4: 332-339. 2012.

VIDYA, B.; REDDY, Y.R.; RAO, S.; REDDY, R.V.; KUMARI, N.N.; BLUMMEL, M. Effect of supplementation of concentrate to sweet sorghum gabsse with leaf residue on nutrient utilization and nitrogen balance in native sheep. **Indian Journal Animal Research**. Vol. issue. 2015.

VILELA, D. Aditivos para silagem de plantas de clima tropical. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu, SP. **Anais...BOTUCATU:SBZ**, 1998. P.73-108.

WALTER, A.; ENSINAS, A.V. “Combined production of second – generation biofuels and electricity from sugar-cane residues”. **Energy**, n. 35, p. 874-879, 2010.

WHITFIELD, M.B.; CHINN, M.S.; VEAL, M.W. Processing of materials derived from sweet sorghum for biobased products. **Industrial Crops and Products**. v 37, p.362-375. 2012. North Carolinan State University, United States.

ZEFERINO, G.L. **Análise de cultivares de sorgo para extração de etanol e produção de silagem**. Dissertação de Mestrado. 58p. Universidade Estadual do Oeste do Paraná.